

不同屠宰体重对肥育猪胴体性状和肉品质的影响

熊云霞 肖 昊 吴绮雯 刘 帅 温晓鹿 杨雪芬 蒋宗勇 王 丽*

(广东省农业科学院动物科学研究所,农业农村部华南动物营养与饲料重点实验室,畜禽育种国家重点实验室,岭南现代农业科学与技术广东省实验室茂名分中心,广东省畜禽育种与营养研究重点实验室,广州 510640)

摘要: 本试验旨在研究不同屠宰体重对瘦肉型四元杂交(皮×杜×长×大)商品肥育猪胴体性状和肉品质的影响。选取 50 头屠宰体重分别在 110($n=10$)、120($n=10$)、130($n=10$)、140($n=10$)、150 kg($n=10$)的肥育猪,屠宰后测定其胴体性状,并从背最长肌理化性状、肌纤维、脂肪酸组成及品尝评分等方面综合考察肉品质随屠宰体重变化的规律。结果表明:1)在 110~150 kg 屠宰体重范围内,屠宰体重与胴体重、屠宰率、平均背膘厚度、板油重、胴体直长、胴体斜长、体长、体高、胸围、腹围均和屠宰体重之间呈显著正向线性回归($P<0.05$),但眼肌面积在各屠宰体重间无显著差异($P>0.05$)。心脏重、肝脏重、脾脏重、肾脏重、胃重、大肠重、胃指数、小肠指数均随屠宰体重升高而显著升高($P<0.05$)。2)肉色、pH、滴水损失、剪切力、大理石纹评分、肌内脂肪和水分含量等在各屠宰体重间均无显著差异($P>0.05$)。3)在 110~150 kg 屠宰体重范围内,肌纤维直径随屠宰体重升高而显著升高($P<0.05$),肌纤维密度随屠宰体重升高而显著降低($P<0.05$)。4)脂肪酸含量在 140 kg 屠宰体重时达到最高,含量较丰富的为油酸、棕榈酸、硬脂酸,屠宰体重不影响肌肉中 n-6/n-3 多不饱和脂肪酸($P>0.05$)。5)肌肉多汁性在 130 kg 屠宰体重时达到最高,其他品尝评分如外形、气味、风味、异味、嫩度、肉汤清浊度、肉汤鲜味得分在各屠宰体重间均无显著差异($P>0.05$)。综合分析胴体性状及肌肉品质,建议该四元杂交商品肥育猪的屠宰体重不要超过 140 kg。

关键词: 屠宰体重;胴体性状;肉品质;脂肪酸;肌纤维;品尝评分

中图分类号:S828

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)04-1986-15

我国是猪生产大国,也是猪肉消费大国。即使受非洲猪瘟影响,2019 年我国猪出栏也有 54 419 万头,猪肉产量高达 4 255 万 t,猪肉消费量为 3 793.7 万 t。出栏体重是影响猪肉产量的关键因素。猪出栏体重超过 100 kg 后,脂肪沉积加速,瘦肉率显著下降,且出栏体重过大,料重比快速攀升,猪舍占用率高,不具备经济性^[1]。因此,我国猪出栏体重一般保持在 100~110 kg。由于非洲猪瘟对我国猪养殖产业的巨大影响,2019 年,我国猪存栏为 31 041 万头,同比下跌了 27.5%,造成近期猪肉价格明显提高,因此,不少养猪企业上调了猪

出栏体重标准,推迟了出栏时间,造成我国市场上的商品猪屠宰体重不断升高,在消费旺季,南方局部地区猪出栏体重甚至高达 150 kg。而且在过去几十年的时间里,由于遗传育种偏向瘦肉型猪,世界各地的猪出栏体重都在持续攀升^[2]。国内外已有不少报道指出屠宰体重会影响猪胴体性状及肉品质,但是已有的研究报道大多集中在 130 kg 以下,对于 130 kg 以上甚至高达 150 kg 屠宰体重的猪关注甚少^[3-12]。且由于存栏下跌,现有存栏留下来的多数是三元杂交(杜×长×大)母猪,生产上用于继续配种生产四元杂交猪,而四元杂交猪的

收稿日期:2020-08-31

基金项目:国家十三五重点研发专项(2018YFD0501101);广东省现代农业产业技术体系生猪创新团队项目(2019KJ126);国家生猪产业技术体系建设专项(CARS-35);广东省科技计划项目(2019A050505007)

作者简介:熊云霞(1988—),女,江西南昌人,助理研究员,硕士,研究方向为猪营养与饲料。E-mail: xiangtang.2000@163.com

* 通信作者:王 丽,研究员,硕士生导师,E-mail: wangli1@gdaas.cn

肉品质和屠宰体重的关系现有研究较少。消费者对大体重出栏猪的接受程度与各地消费习惯和猪肉的品质有关。猪肉的品尝特性及风味是消费者判断猪肉品质的主要评判标准。肌肉的品尝特性受肌肉理化性质、风味前体物质、肌纤维等的影响^[13]。而脂肪酸作为猪肉的主要风味前体物质之一,脂肪酸含量及组成对肉品质研究具有重要意义^[14]。本试验旨在研究四元杂交(皮×杜×长×大)瘦肉型商品猪胴体性状随屠宰体重升高(110~150 kg)的变化规律,并从肌肉理化性状、肌纤维、脂肪酸组成、品尝评分等方面综合考察肉品质,进一步探讨基于优良肉品质的最佳屠宰体重,为生产实践和应用理论研究提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验猪为2020年1—4月在广东省农业科学院动物科学研究所试验场养殖的50头瘦肉型四元杂交(皮×杜×长×大)商品肥育猪,该四元杂交猪以皮特兰为父本,杜洛克×长白×大白为母本,75 kg左右开始试验,至体重达到110($n=10$)、120($n=10$)、130($n=10$)、140($n=10$)、150 kg($n=10$)左右屠宰,各个体重阶段试验猪公母各占1/2。屠宰试验在广东省农业科学院动物科学研究所屠宰场进行。屠宰前禁食过夜称重。试验饲料按照NRC(2012)标准配制,其组成及营养水平见表1。所有试验猪自由采食和饮水。按猪场要求进行常规的免疫与驱虫保健。

表1 试验饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	体重阶段 Body weight stage		
	75~100 kg	100~130 kg	130 kg~出栏 out
原料 Ingredients			
玉米 Corn	84.49	88.81	90.65
豆粕 Soybean meal (46% CP)	12.10	8.00	5.80
大豆油 Soybean oil	0.43	0.45	0.20
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.40	0.26	0.60
石粉 Limestone	0.73	0.68	0.73
L-赖氨酸盐酸盐 L-lysine hydrochloride	0.33	0.30	0.40
DL-蛋氨酸 DL-methionine	0.01		0.02
L-苏氨酸 L-threonine	0.09	0.08	0.16
L-色氨酸 L-tryptophan	0.02	0.02	0.04
预混料 Premix ¹⁾	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾			
消化能 DE/(MJ/kg)	14.23	14.23	14.16
代谢能 ME/(MJ/kg)	13.86	13.86	13.82
粗蛋白质 CP	12.50	11.00	10.00
钙 Ca	0.52	0.46	0.43
总磷 TP	0.47	0.43	0.41
可消化赖氨酸 DLys	0.73	0.61	0.64
可消化蛋氨酸 DMet	0.21	0.18	0.19
可消化苏氨酸 DThr	0.46	0.40	0.45
可消化色氨酸 DTrp	0.13	0.11	0.12

续表 1

项目 Items	体重阶段 Body weight stage		
	75~100 kg	100~130 kg	130 kg~出栏 out
可消化缬氨酸 DVal	0.49	0.43	0.45
可消化异亮氨酸 Dlle	0.42	0.36	0.35

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 12 400 IU, VD₃ 2 800 IU, VE 30 IU, VK 5 mg, VB₁₂ 40 μg, VB₁ 3 mg, VB₂ 10 mg, 烟酸 nicotinic acid 40 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 15 mg, 叶酸 folic acid 1 mg, VB₆ 8 mg, 生物素 biotin 0.08 mg, Fe(FeSO₄·H₂O) 120 mg, Cu(CuSO₄·5H₂O) 16 mg, Mn(MnSO₄·H₂O) 70 mg, Zn(ZnSO₄·H₂O) 120 mg, I(CaI₂O₆) 0.7 mg, Se(Na₂SeO₃) 0.48 mg。

2) 营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.2 测定指标及方法

1.2.1 体格测定

用软尺测量体长、胸围和腹围;用体高尺测量体高。

1.2.2 胴体性状测定

猪放血屠宰后,按常规屠宰法去除头、蹄,开腔,剥离内脏,拆分胴体。胴体性状测定参照《瘦肉型猪胴体性状测定技术规范》(NY/T 825—2004)。测定具体方法参考本课题组熊云霞等^[15]的文献。

1.2.3 器官重量测定

剥离各内脏器官,直接称重,记录心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、胃、小肠、大肠等的重量。

器官指数(%)=(器官重/宰前活重)×100。

1.2.4 肉品质测定

参照中华人民共和国农业行业标准《猪肌肉品质测定技术规范》(NY/T 821—2004)测定肉色(45 min、24 和 48 h)、pH(45 min、24 和 48 h)、滴水损失、剪切力、大理石纹评分、肌内脂肪、水分含量。具体方法参考本课题组熊云霞等^[15]的文献。

1.2.5 肌纤维直径和密度测定

取猪左侧胴体胸腰椎连接部背最长肌样品,固定、切片、苏木精-伊红(HE)染色后测量计算肌肉纤维直径及密度。分析软件为 Image-pro plus 6.0(Media Cybernetics, Inc., Rockville, MD, 美国)。每组内每张切片随机挑选至少 3 个 400 倍视野进行截图。截图时尽量让组织充满整个视野,保证每张照片的背景光一致。应用 Image-pro plus 6.0 软件以图片右下角标尺为标准,每张切片选取 5 个肌纤维测量肌纤维直径并求出平均值;统计每个视野中的肌纤维数并测量视野面积(mm²),求肌纤维密度(根/mm²)。具体方法参考

本课题组熊云霞等^[15]的文献。

1.2.6 肌肉肌苷酸含量测定

依据山东地方测定标准《畜禽肌肉中肌苷酸含量测定》(DB 7/7 3816—2019),采用高效液相色谱仪(Waters e2695)测定。即准确称取 1 g 背最长肌样品(精确至 0.000 1 g),经预冷 5%高氯酸溶液提取后,离心取上清液,用 0.5 mol/L 氢氧化钠溶液反应生成化学状态稳定的肌苷酸钠,并调 pH 至 6.5,定容过滤备用。

1.2.7 肌肉脂肪酸含量测定

脂肪酸含量测定依据《食品中脂肪酸的测定》(GB 5009.168—2016),采用气相色谱仪(Aglient 7890)测定。准确称取 1 g 背最长肌样品(精确至 0.000 1 g),加入 C21:0 为内标物,酸水解后经乙醇-乙醚溶液反复抽提 3 次提取脂肪,加入 2% NaOH-甲醇溶液进行皂化和甲酯化后,并用正庚烷抽提,取上层溶液,经毛细管柱气相色谱分析,内标法定量测定脂肪酸甲酯含量,用游离脂肪酸混标标准图谱作为参照,依据各脂肪酸甲酯含量和转换系数计算各个脂肪酸含量。结果表示为每克肌肉样品中的毫克数(mg/g 肌肉)。

1.2.8 品尝评分

品尝评分为煮熟的背最长肌肌肉从颜色外形、气味、风味、异味、嫩度、多汁度、肉汤清浊度、肉汤鲜度等方面进行打分评比,对评分由极差到极好等级对应 1~8 分整数分值。具体方法参考本课题组熊云霞等^[15]的文献。

1.3 数据统计分析

试验数据采用 Excel 2007 整理后,用 SPSS 18.0 进行单因素方差分析(one-way ANOVA),差异显著时采用 Duncan 氏法进行多重比较,结果以平均值±标准误表示, $P<0.05$ 表示差异显著,采用

线性回归模型分析胴体性状随屠宰体重的变化趋势。

2 结 果

2.1 不同屠宰体重猪的胴体性状及其随屠宰体重变化的趋势

表 2 所示为不同屠宰体重猪的胴体性状,表 3 所示为胴体性状随屠宰体重的线性变化规律。屠宰体重与胴体重、屠宰率、平均背膘厚度、板油重、胴体直长、胴体斜长、体长、体高、胸围、腹围均和屠宰体重之间呈显著正向线性回归关系 ($P <$

0.05), 相关系数 (R^2) 在 0.165 6 ~ 0.969 2。屠宰率在 130 ~ 150 kg 屠宰体重阶段相对于 110 ~ 120 kg 屠宰体重阶段显著提高 ($P < 0.05$), 可以达到 76% 以上。眼肌面积在各屠宰体重间均无显著差异 ($P > 0.05$)。肺脏重、肝脏指数、脾脏指数、肺脏指数、肾脏指数在各屠宰体重间均无显著差异 ($P > 0.05$)。屠宰体重与心脏重、肝脏重、脾脏重、胃重、大肠重、胃指数、小肠指数和屠宰体重均呈显著正向线性回归关系 ($P < 0.05$), 相关系数在 0.160 6 ~ 0.535 1。

表 2 不同屠宰体重猪胴体性状

Table 2 Carcass traits of pigs with different slaughter weights

项目 Items	屠宰体重 Slaughter weight/kg					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
屠宰数 Slaughtering/头	10	10	10	10	10	
屠宰体重 Slaughter weight/kg	112.75±0.95 ^a	122.59±0.66 ^b	132.59±0.60 ^c	141.80±0.57 ^d	151.98±1.07 ^e	<0.001
胴体重 Carcass weight/kg	83.36±0.91 ^a	92.04±0.54 ^b	100.89±1.07 ^c	107.88±0.59 ^d	116.02±0.88 ^e	<0.001
屠宰率 Dressing percentage/%	73.93±0.50 ^a	75.08±0.37 ^a	76.10±0.88 ^b	76.08±0.36 ^b	76.34±0.26 ^b	0.007
眼肌面积 Loin-eye area/cm ²	72.60±3.73	74.97±1.93	73.22±2.15	74.09±2.93	74.16±2.64	0.979
平均背膘厚度 Average back-fat thickness/mm	20.4±0.9 ^a	22.5±1.9 ^{ab}	24.5±0.7 ^b	26.5±1.2 ^{bc}	29.6±0.9 ^c	<0.001
板油重 Leaf fat weight/kg	1.09±0.11 ^a	1.18±0.13 ^a	1.46±0.10 ^{ab}	1.80±0.16 ^b	2.30±0.12 ^c	<0.001
胴体直长 Carcass length/cm	98.30±1.23 ^a	101.00±1.10 ^a	102.80±0.59 ^b	102.20±1.21 ^b	110.00±0.69 ^c	<0.001
胴体斜长 Body side length/cm	83.60±0.96 ^a	84.00±1.28 ^a	87.70±0.62 ^b	87.40±1.27 ^b	93.77±0.72 ^c	<0.001
体长 Body length/cm	110.70±2.20 ^a	110.90±1.32 ^a	114.90±0.78 ^b	116.00±1.37 ^b	122.31±0.96 ^c	<0.001
体高 Body height/cm	66.10±0.66 ^a	67.30±0.83 ^{ab}	68.10±0.77 ^{bc}	69.50±0.52 ^c	69.54±0.42 ^c	0.001
胸围 Circumference/cm	111.60±1.00 ^a	114.60±0.69 ^b	118.00±0.68 ^c	121.70±0.76 ^d	123.23±0.66 ^d	<0.001
腹围 Perimeter of abdomen/cm	113.10±0.92 ^a	116.50±0.90 ^b	120.10±0.86 ^c	123.70±0.68 ^d	126.54±1.05 ^e	<0.001
心脏重 Heart weight/kg	0.42±0.01 ^a	0.45±0.02 ^{ab}	0.44±0.01 ^{ab}	0.48±0.01 ^b	0.53±0.02 ^c	<0.001
肝脏重 Liver weight/kg	1.49±0.07 ^a	1.55±0.05 ^a	1.64±0.05 ^{ab}	1.73±0.06 ^{bc}	1.86±0.04 ^c	<0.001
脾脏重 Spleen weight/kg	0.21±0.02 ^a	0.22±0.02 ^a	0.25±0.02 ^{ab}	0.28±0.03 ^{ab}	0.29±0.02 ^b	0.042
肺脏重 Lung weight/kg	0.70±0.05	0.70±0.05	0.84±0.05	0.79±0.05	0.80±0.04	0.205
肾脏重 Kidney weight/kg	0.28±0.02 ^a	0.32±0.02 ^{ab}	0.33±0.01 ^{ab}	0.35±0.03 ^{ab}	0.37±0.03 ^b	0.052
胃重 Gastric weight/kg	0.65±0.02 ^a	0.68±0.02 ^a	0.76±0.01 ^b	0.76±0.01 ^b	0.80±0.01 ^b	<0.001
小肠重 Small intestine weight/kg	1.86±0.08 ^{ab}	1.74±0.09 ^a	1.79±0.06 ^a	1.82±0.05 ^a	2.05±0.08 ^b	0.032
大肠重 Large intestine weight/kg	1.41±0.03 ^a	1.47±0.03 ^a	1.52±0.05 ^a	1.66±0.05 ^b	1.91±0.05 ^c	<0.001
心脏指数 Heart index/%	0.37±0.01 ^b	0.37±0.01 ^b	0.33±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a	0.35±0.01 ^{ab}	0.035
肝脏指数 Liver index/%	1.32±0.07	1.27±0.04	1.24±0.04	1.22±0.04	1.23±0.03	0.531
脾脏指数 Spleen index/%	0.19±0.02	0.18±0.02	0.18±0.02	0.20±0.02	0.19±0.01	0.906
肺脏指数 Lung index/%	0.63±0.04	0.57±0.04	0.63±0.04	0.55±0.03	0.52±0.02	0.135
肾脏指数 Kidney index/%	0.25±0.02	0.26±0.02	0.25±0.01	0.24±0.02	0.25±0.02	0.923
胃指数 Gastric index/%	0.58±0.02 ^b	0.56±0.01 ^{ab}	0.57±0.01 ^{ab}	0.53±0.01 ^a	0.53±0.01 ^a	0.061
小肠指数 Small intestine index/%	1.65±0.08 ^b	1.42±0.07 ^a	1.35±0.04 ^a	1.28±0.03 ^a	1.35±0.06 ^a	0.001
大肠指数 Large intestine index/%	1.25±0.03 ^{ab}	1.20±0.03 ^{ab}	1.15±0.04 ^a	1.17±0.03 ^{ab}	1.26±0.04 ^b	0.087

同行数据肩标不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 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 letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

表 3 胴体性状随屠宰体重的线性变化

Table 3 Linear change of carcass traits with slaughter weight

项目 Items	趋势方程 Trend equation	R^2	F 值 F value	P 值 P-value
胴体重 Carcass weight	$Y=0.822\ 8X-8.866\ 0$	0.969 2	1 635.278	<0.001
屠宰率 Dressing percentage	$Y=0.053\ 02X+68.478\ 42$	0.165 6	11.320	0.001
眼肌面积 Loin-eye area	$Y=0.015\ 86X+71.706\ 57$	-0.019 2	0.036	0.850
平均背膘厚度 Average back-fat thickness	$Y=0.238X-6.763$	0.478 2	48.650	<0.001
板油重 Leaf fat weight	$Y=0.032\ 24X-2.695\ 75$	0.574 7	71.280	<0.001
胴体直长 Carcass length	$Y=0.291\ 5X+64.366\ 8$	0.669 4	106.300	<0.001
胴体斜长 Body side length	$Y=0.261\ 2X+52.746\ 9$	0.582 7	73.630	<0.001
体长 Body length	$Y=0.309\ 1X+74.122\ 2$	0.513 8	55.960	<0.001
体高 Body height	$Y=0.089\ 19X+56.285\ 56$	0.279 6	21.180	<0.001
胸围 Circumference	$Y=0.300\ 2X+78.063\ 7$	0.750 7	157.600	<0.001
腹围 Perimeter of abdomen	$Y=0.332X+76.045$	0.700 7	122.700	<0.001
心脏重 Heart weight	$Y=0.002\ 654X+0.113\ 991$	0.443 3	42.410	<0.001
肝脏重 Liver weight	$Y=0.008\ 514X+0.530\ 292$	0.304 8	23.800	<0.001
脾脏重 Spleen weight	$Y=0.002\ 722X-0.111\ 292$	0.225 1	15.820	<0.001
肺脏重 Lung weight	$Y=0.002\ 553X+0.424\ 578$	0.048 8	3.308	0.759
肾脏重 Kidney weight	$Y=0.001\ 596X+0.119\ 725$	0.075 7	5.258	0.026
胃重 Gastric weight	$Y=0.003\ 714X+0.238\ 707$	0.480 4	49.080	<0.001
小肠重 Small intestine weight	$Y=0.004\ 051X+1.321\ 124$	0.034 4	2.854	0.097
大肠重 Large intestine weight	$Y=0.011\ 82X+0.032\ 95$	0.535 1	60.850	<0.001
心脏指数 Heart index	$Y=-0.000\ 694\ 9X+0.444\ 614\ 1$	0.072 3	5.054	0.029
肝脏指数 Liver index	$Y=-0.003\ 129X+1.671\ 142$	0.074 3	5.172	0.015
脾脏指数 Spleen index	$Y=0.000\ 623\ 7X+0.104\ 652\ 9$	0.010 6	1.546	0.121
肺脏指数 Lung index	$Y=-0.002\ 469X+0.907\ 131$	0.087 3	5.305	0.028
肾脏指数 Kidney index	$Y=-0.000\ 664\ 8X+0.339\ 055\ 1$	0.013 9	1.731	0.194
胃指数 Gastric index	$Y=-0.001\ 33\ 4X+0.730\ 452$	0.150 6	10.220	0.002
小肠指数 Small intestine index	$Y=-0.008\ 005X+2.475\ 780$	0.246 9	18.040	<0.001
大肠指数 Large intestine index	$Y=-0.000\ 420\ 9X+1.263\ 733\ 8$	0.002 9	0.147	0.703

X 为屠宰体重, Y 表示相应行的胴体性状指标。

X was the slaughter weight, and Y was the carcass trait index in the same row.

2.2 不同屠宰体重猪的肌肉理化性质

肌内脂肪和水分含量等在各屠宰体重间均无显著

差异 ($P>0.05$)。表 4 所示为不同屠宰体重猪肌肉的理化性质。肉色、pH、滴水损失、剪切力、大理石纹评分、

差异 ($P>0.05$)。

表 4 不同屠宰体重猪肌肉理化性质

Table 4 Physicochemical characteristics of pig muscle with different slaughter weights

项目 Items	屠宰体重 Slaughter weight/kg					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
样品数 Sample number	10	10	10	10	10	
肉色 Meat color						
亮度 L_{45}^*	49.00±0.48	48.22±1.00	47.88±0.89	48.78±0.64	47.56±0.71	0.636
红度 a_{45}^*	17.15±0.32	17.89±0.52	17.37±0.44	16.57±0.75	16.75±0.39	0.371
黄度 b_{45}^*	7.11±0.20	7.26±0.30	6.97±0.26	7.04±0.36	6.66±0.31	0.638

续表 4

项目 Items	屠宰体重 Slaughter weight/kg					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
饱和度 Chroma $c_{45\text{ min}}^*$ 1)	18.58±0.29	19.34±0.50	18.74±0.36	18.04±0.74	18.05±0.41	0.295
色相角 Hue angle $H_{45\text{ min}}^{\circ}$ 2)	2.29±0.09	2.36±0.13	2.39±0.13	2.25±0.15	2.43±0.11	0.823
亮度 $L_{24\text{ h}}^*$	58.60±0.57	57.89±0.95	57.26±0.88	57.36±0.81	57.14±0.97	0.754
红度 $a_{24\text{ h}}^*$	16.85±0.58	16.89±0.73	17.29±0.54	16.51±0.79	17.14±0.37	0.910
黄度 $b_{24\text{ h}}^*$	8.29±0.50	7.52±0.25	7.50±0.47	7.56±0.30	7.71±0.39	0.622
饱和度 Chroma $c_{24\text{ h}}^*$	18.82±0.65	18.53±0.67	18.91±0.54	18.20±0.73	18.84±0.39	0.914
色相角 Hue angle $H_{24\text{ h}}^{\circ}$	1.91±0.13	2.11±0.13	2.23±0.17	2.05±0.13	2.14±0.15	0.607
亮度 $L_{48\text{ h}}^*$	59.71±0.70	58.44±0.97	58.55±1.07	59.88±0.62	58.22±0.75	0.456
红度 $a_{48\text{ h}}^*$	17.92±0.29	18.09±0.46	18.50±0.58	17.36±0.54	18.37±0.34	0.414
黄度 $b_{48\text{ h}}^*$	7.64±0.16	7.58±0.30	7.30±0.37	7.43±0.24	7.36±0.37	0.934
饱和度 Chroma $c_{48\text{ h}}^*$	19.49±0.28	19.65±0.39	19.93±0.54	18.90±0.52	19.81±0.40	0.500
色相角 Hue angle $H_{48\text{ h}}^{\circ}$	2.21±0.06	2.28±0.13	2.45±0.18	2.21±0.10	2.41±0.11	0.483
pH						
45 min	6.39±0.03	6.25±0.09	6.25±0.08	6.38±0.04	6.38±0.02	0.202
24 h	5.74±0.06	5.68±0.03	5.71±0.03	5.69±0.03	5.71±0.02	0.885
48 h	5.79±0.03	5.75±0.04	5.79±0.04	5.74±0.03	5.73±0.03	0.605
滴水损失 Drip loss/%						
45 min	10.10±0.06	10.18±0.08	10.20±0.06	10.17±0.12	10.02±0.07	0.483
24 h	9.83±0.10	9.87±0.11	10.09±0.10	10.01±0.14	9.79±0.10	0.279
48 h	9.89±0.11	9.97±0.11	9.80±0.10	9.81±0.14	9.74±0.09	0.580
剪切力 Shear force/N	69.35±2.03	77.52±4.13	69.16±2.70	68.42±3.34	65.91±4.27	0.400
大理石纹评分 Marbling score	2.54±0.16	2.62±0.14	2.41±0.15	2.59±0.19	2.82±0.13	0.377
肌内脂肪 Intramuscular fat/%	1.42±0.22	1.54±0.31	1.58±0.13	1.53±0.16	1.47±0.21	0.988
水分 Moisture/%	72.13±0.40	71.13±0.22	72.16±0.27	71.85±0.43	71.91±0.29	0.876

1) 饱和度 $\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ 。

2) 色相角 $\text{Hue angle} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ 。

2.3 不同屠宰体重猪肌肉的肌纤维直径与密度

如图 1 所示, HE 染色切片可见各屠宰体重的背最长肌样品肌肉纤维均着色均匀, 结构正常, 排列紧密。表 5 所示为肌纤维随屠宰体重的变化。肌纤维直径在 110~140 kg 屠宰体重阶段无显著变化 ($P>0.05$), 在 140~150 kg 屠宰体重阶段无显

著变化 ($P>0.05$), 150 kg 屠宰体重相对于 110~130 kg 屠宰体重阶段显著升高 ($P<0.05$)。肌纤维密度在 110~130 kg 屠宰体重阶段无显著变化 ($P>0.05$), 在 140~150 kg 屠宰体重阶段无显著变化 ($P>0.05$), 140~150 kg 屠宰体重阶段相对于 110~130 kg 屠宰体重阶段显著降低 ($P<0.05$)。

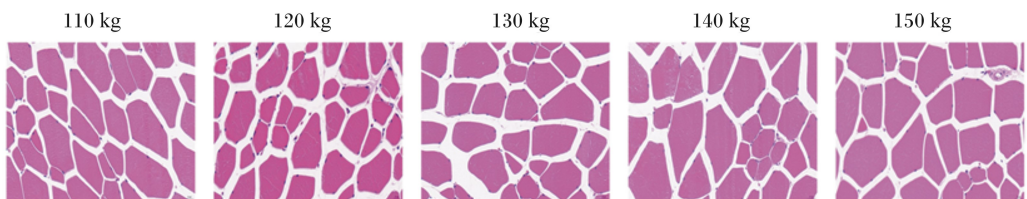


图 1 不同屠宰体重猪背最长肌肌纤维苏木精-伊红染色图

Fig.1 HE staining map of *longissimus dorsi* muscle fibers of pigs with different slaughter weights (400×)

表 5 不同屠宰体重猪背最长肌纤维直径与密度

Table 5 Fiber diameter and density of *longissimus dorsi* muscle of pigs with different slaughter weights

项目 Items	屠宰体重 Slaughter weight/kg					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
样品数 Sample number	10	10	10	10	10	
肌纤维直径 Muscle fiber diameter/ μm	67.05 \pm 2.59 ^a	67.06 \pm 2.40 ^a	65.70 \pm 1.37 ^a	74.29 \pm 4.68 ^{ab}	76.95 \pm 2.96 ^b	0.055
肌纤维密度 Muscle fiber density/(根/ mm^2)	341.36 \pm 31.60 ^b	360.26 \pm 22.70 ^b	327.56 \pm 17.01 ^b	237.11 \pm 8.68 ^a	242.73 \pm 15.29 ^a	0.010

2.4 不同屠宰体重猪的肌肉肌苷酸及脂肪酸组成

表 6 所示为不同屠宰体重猪背最长肌样品的肌苷酸含量及脂肪酸组成。肌肉肌苷酸含量在 110~140 kg 屠宰体重阶段无显著变化 ($P>0.05$), 但是 150 kg 屠宰体重相对于 110~140 kg 屠宰体重阶段显著降低 ($P<0.05$)。本试验中猪背最长肌肉中共检测到 13 种脂肪酸, 分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸, 不饱和脂肪酸又分为单不饱和脂肪酸 (MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA)。总脂肪酸、饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸含量均在 140 kg 屠宰体重达到最高, 显著高于 110、130 kg 屠宰体重 ($P<0.05$), 但与 120、150 kg 屠宰体重相比无显著差异 ($P>0.05$); 110~130 kg 屠宰体重阶段与 150 kg 屠宰体重间无显著差异 ($P>0.05$)。饱和脂肪酸包括肉豆蔻酸、棕榈酸、十七烷酸、硬脂酸、二十四烷酸, 占总脂肪酸含量的 40.65%, 其中含量最丰富的为棕榈酸, 其次为硬脂酸; 棕榈酸、肉豆蔻酸在各个屠宰体重的变化规律与饱和脂肪酸相同; 140 kg 屠宰体重的硬脂酸含量显著高于 110 kg 屠宰体重 ($P<0.05$), 其余屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$); 十七烷酸、二十四烷酸含量在各屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$)。单不饱和脂肪酸包括

棕榈油酸、油酸、花生一烯酸, 占总脂肪酸的 46.46%, 含量最丰富的为油酸, 其中油酸、花生一烯酸含量在各屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$); 140 kg 屠宰体重的棕榈油酸含量显著高于其他屠宰体重 ($P<0.05$), 且在其他各屠宰体重间无显著差异 ($P>0.05$)。多不饱和脂肪酸包括亚油酸、 α 亚麻酸、顺-11, 14-二十碳二烯酸、顺-8, 11, 14-二十碳三烯酸、花生四烯酸, 其中亚油酸含量最为丰富, 亚油酸含量随屠宰体重变化规律与多不饱和脂肪酸相同; 140 kg 屠宰体重的花生四烯酸含量显著高于 110 kg 屠宰体重 ($P<0.05$), 其余各屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$); α 亚麻酸、顺-11, 14-二十碳二烯酸含量在各个屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$)。140 kg 屠宰体重的多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸显著低于 110 kg 屠宰体重 ($P<0.05$), 其余各屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$)。140 kg 屠宰体重的 n-6 多不饱和脂肪酸含量显著高于其他屠宰体重 ($P<0.05$), 其他屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$)。单不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸、n-3 多不饱和脂肪酸含量、n-6/n-3 多不饱和脂肪酸在各屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 6 不同屠宰体重猪背最长肌肌苷酸及脂肪酸含量

Table 6 Contents of inosinic acid and fatty acid in *longissimus dorsi* muscle of pig with

项目 Items	不同屠宰体重猪背最长肌肌苷酸及脂肪酸含量 different slaughter weights					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
样品数 Sample number	10	10	10	10	10	
肌苷酸 Inosinic acid	2.328 0 \pm 0.047 2 ^b	2.395 0 \pm 0.018 5 ^b	2.300 0 \pm 0.063 1 ^b	2.276 0 \pm 0.036 4 ^b	2.328 0 \pm 0.047 2 ^b	0.004

续表 6

项目 Items	屠宰体重 Slaughter weight/kg					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
肉豆蔻酸 Myristic acid	0.142 4±0.020 1 ^a	0.190 4±0.033 1 ^{ab}	0.169 2±0.029 9 ^a	0.266 5±0.042 5 ^b	0.142 4±0.020 1 ^a	0.079
棕榈酸 Palmitic acid	2.553 7±0.324 2 ^a	3.280 2±0.587 9 ^{ab}	2.908 3±0.470 5 ^a	4.544 1±0.741 5 ^b	2.553 7±0.324 2 ^a	0.103
十七烷酸 Margaric acid	0.005 6±0.003 8	0.005 3±0.003 5	0.008 5±0.006 0	0.018 6±0.007 9	0.009 1±0.004 8	0.445
硬脂酸 Stearic aci	1.342 5±0.172 5 ^a	1.687 7±0.294 3 ^{ab}	1.507 7±0.234 0 ^{ab}	2.286 7±0.385 6 ^b	1.733 2±0.201 7 ^{ab}	0.156
二十四烷酸 Tetracosanoic acid	0.015 0±0.005 0	0.018 6±0.006 4	0.018 2±0.006 4	0.023 4±0.008 4	0.014 8±0.005 5	0.877
棕榈油酸 Palmitoleic acid	0.362 6±0.057 2 ^a	0.455 3±0.077 2 ^a	0.405 3±0.063 2 ^a	0.708 8±0.125 8 ^b	0.466 0±0.049 5 ^a	0.031
油酸 Oleic acid	4.401 3±0.547 5	5.357 6±0.944 9	5.010 6±0.823 2	7.751 9±1.349 2	5.584 4±0.612 0	0.111
花生一烯酸 Arachidonic acid	0.079 2±0.010 8	0.088 6±0.019 5	0.089 0±0.021 5	0.131 7±0.022 2	0.095 0±0.013 3	0.300
亚油酸 Linoleic acid	1.130 3±0.077 5 ^a	1.239 6±0.111 8 ^{ab}	1.170 0±0.131 8 ^a	1.573 0±0.178 0 ^b	1.216 1±0.094 0 ^{ab}	0.106
α 亚麻酸 α-linolenic acid	0.042 4±0.005 4	0.045 4±0.004 1	0.052 4±0.011 4	0.0629 ±0.097 0	0.046 3±0.008 6	0.471
顺-11,14-二十 碳二烯酸 Eicosadienoic acid	0.032 3±0.007 3	0.036 2±0.005 6	0.032 2±0.009 3	0.053 5±0.009 3	0.033 7±0.006 8	0.281
顺-8,11,14- 二十碳三烯 Eicosatrienoic acid	ND	0.009 7±0.005 0 ^a	0.008 5±0.005 8 ^a	0.029 5±0.006 7 ^b	0.017 2±0.005 5 ^{ab}	0.005
花生四烯酸 Arachidonic acid	0.169 8±0.012 5 ^a	0.212 8±0.014 5 ^{ab}	0.205 6±0.021 7 ^{ab}	0.247 9±0.020 1 ^b	0.202 3±0.011 4 ^{ab}	0.035
饱和脂肪酸 SFA ¹⁾	4.068 4±0.513 3 ^a	5.310 1±0.895 0 ^{ab}	4.757 9±0.750 2 ^a	7.544 6±0.119 0 ^b	5.414 2±0.607 0 ^{ab}	0.058
单不饱和脂肪酸 MUFA ²⁾	4.843 1±0.611 9 ^a	5.901 5±1.039 6 ^{ab}	5.505 0±0.906 6 ^a	8.592 4±1.494 1 ^b	6.145 4±0.672 6 ^{ab}	0.102
多不饱和脂肪酸 PUFA ³⁾	1.374 7±0.096 3 ^a	1.543 6±0.134 3 ^{ab}	1.468 8±0.166 0 ^a	1.968 1±0.212 9 ^b	1.515 7±0.113 8 ^{ab}	0.073
不饱和脂肪酸 UFA ⁴⁾	6.217 8±0.699 1 ^a	7.445 1±1.164 4 ^{ab}	6.973 7±1.058 8 ^a	10.560 5±1.690 5 ^b	7.661 0±0.774 0 ^{ab}	0.092
单不饱和脂肪酸/ 饱和脂肪酸 MUFA/SFA%	1.20±0.03	1.11±0.03	1.16±0.04	1.14±0.04	1.14±0.03	0.480
多不饱和脂肪酸/ 饱和脂肪酸 PUFA/SFA%	0.37±0.03 ^b	0.33±0.03 ^{ab}	0.32±0.02 ^{ab}	0.29±0.03 ^a	0.30±0.02 ^{ab}	0.135
n-3 多不饱和脂肪酸 n-3 PUFA	0.042 4±0.005 4	0.045 4±0.004 1	0.052 4±0.011 4	0.062 9±0.009 7	0.046 3±0.008 6	0.471

续表 6

项目 Items	屠宰体重 Slaughter weight/kg					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
n-6 多不饱和 脂肪酸	1.332 3±0.092 5 ^a	1.498 2±0.130 7 ^a	1.416 4±0.158 5 ^a	1.903 8±0.203 4 ^b	1.469 4±0.107 7 ^a	0.068
n-6 PUFA						
n-6/n-3 多不 饱和脂肪酸	29.42±1.70	33.40±1.77	26.83±3.48	31.90±1.88	30.38±2.36	0.351
n-6/n-3 PUFA						
总脂肪酸 Total fatty acid	10.286 2±1.204 8 ¹²	12.759 4±2.057 7 ^{ab}	11.735 8±1.803 2 ^a	18.118 0±2.873 4 ^b	13.077 4±1.374 1 ^{ab}	0.074

ND: 未检出 No detection。

1) 饱和脂肪酸(SFA) = C14:0+C16:0+C17:0+C18:0+C24:0。

2) 单不饱和脂肪酸(MUFA) = C16:1n7+C18:1n7+C20:1n9。

3) 多不饱和脂肪酸(PUFA) = C18:2n6+C18:3n3+C20:2n6+C20:3n6+C20:4n6。

4) 不饱和脂肪酸(UFA) = MUFA+PUFA。

2.5 不同屠宰体重猪的肌肉品尝评分

如表 7 所示,肉的多汁度评分在 110~120 kg、140~150 kg、120~150 kg 屠宰体重阶段无显著差异 ($P>0.05$),但是 130 kg 屠宰体重显著高于

110 kg 屠宰体重 ($P<0.05$)。肌肉的其他品尝评分,如外形、气味、风味、异味、嫩度、肉汤清浊度、肉汤鲜味在各屠宰体重间均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 7 不同屠宰体重猪肌肉品尝评分

Table 7 Taste evaluation of pigs with different slaughter weights

项目 Items	屠宰体重 Slaughter weight/kg					P 值 P-value
	110	120	130	140	150	
样品数 Sample number	10	10	10	10	10	
外形 Appearance	4.88±0.12	5.21±0.11	4.90±0.11	5.18±0.07	4.99±0.09	0.096
气味 Smell	4.84±0.17	4.81±0.07	4.73±0.09	4.86±0.14	4.94±0.10	0.774
风味 Flavor	4.70±0.10	4.94±0.16	4.80±0.08	4.97±0.06	4.95±0.13	0.388
异味 Abnormal flavor	5.00±0.14	4.99±0.08	5.02±0.06	5.30±0.06	5.21±0.12	0.130
嫩度 Chewiness	4.46±0.11	4.73±0.17	4.45±0.18	4.87±0.15	4.59±0.15	0.294
肉的多汁度 Juiciness	4.38±0.11 ^a	4.67±0.13 ^{ab}	4.83±0.17 ^b	4.77±0.12 ^{ab}	4.56±0.12 ^{ab}	0.148
肉汤清浊度 Turbidity of soup	5.02±0.11	4.93±0.06	4.87±0.11	5.02±0.09	4.81±0.09	0.383
肉汤的鲜味 Freshness of soup	4.95±0.11	5.08±0.13	5.08±0.12	5.21±0.14	5.12±0.10	0.696

3 讨论

随着猪体重增长,脂肪沉积越来越多,而消费者购买鲜肉偏好瘦肉,因此,130 kg 以下出栏重的猪肉更受欢迎。我国一般商品猪的出栏体重维持在 100~110 kg,且国内近年来研究报道的地方种猪或其杂交子代,如鲁农 II 号猪^[8]、东海淮猪^[16]、精气神山黑猪^[17]、江口萝卜猪^[10]、梅山杂交猪^[11]、湘沙猪配套系^[18]、大蒲莲猪^[19]、杜鲁烟杂交猪^[20]、日照大白猪^[21]、烟台黑猪^[22]等,最佳屠

宰体重在 80~130 kg。用来腌制的猪肉普遍偏好大体重猪,如用来制作西班牙火腿肉的猪肉要求猪的出栏体重在 120~140 kg^[23],甚至有的高达 150~170 kg^[24],这是因为火腿制作对猪大腿有特殊要求,大腿必须有 15 mm 最好是 20~30 mm 厚的脂肪覆盖。国内外有关屠宰体重对猪胴体及肉品质影响的研究大多集中在 130 kg 以下,对于 130 kg 以上甚至高达 150 kg 屠宰体重的猪关注较少^[3,6-7,9,12,25-26]。而由于非洲猪瘟的影响,近期国内出栏的商品猪体重高达 150 kg。且由于我国猪

存栏下跌,留下来的多数是三元杂交母猪,会继续配种生产四元杂交猪,市场上将会有大量四元杂交猪上市,而四元杂交商品猪的肉品质和屠宰体重的关系现有研究较少。本试验旨在研究不同屠宰体重(110~150 kg)对瘦肉型四元杂交商品肥育猪胴体性状、肉品质的影响,探讨不影响肉品质的最佳屠宰体重,为生产实践提供一定参考。

3.1 不同屠宰体重对胴体性状的影响

本试验发现,在 110~150 kg 屠宰体重范围,胴体重、屠宰率、平均背膘厚度、板油重、胴体直长、胴体斜长、体长、体高、胸围、腹围均随屠宰体重升高而线性升高,这与国内外很多文献^[4,8,11,18-22,25,27-29]报道一致。但国内外也有不少报道的结果不符合以上规律,如在研究屠宰体重 60~110 kg 的江口萝卜猪时发现,在 80 kg 之前其胴体性状的各项指标随屠宰体重升高呈上升趋势,但是 90 kg 后除了脂肪过多沉积,其余指标均无显著差异^[10]。Galián 等^[7]发现,高屠宰体重猪胴体参数值较高,如胴体重、胴体长度、最大腿周长、前腿长、后腿长、大腿长度、腕周长、背膘厚度和肌肉脂肪含量,但是屠宰率在各屠宰体重间并无显著差异。本试验中,眼肌面积随屠宰体重的升高无显著变化。国内外有关眼肌面积随屠宰体重的变化报道,结果也不太一致。吴秋玉等^[11]在研究 100~120 kg 屠宰体重的梅山二元杂交猪时发现,随着屠宰体重升高,眼肌面积显著降低。而 Choi 等^[26]发现,屠宰体重分别为 96.3、111.1 及 130.5 kg,眼肌面积随屠宰体重升高而升高。Oliveira 等^[9]研究屠宰体重在 100~145 kg 的猪胴体,也发现眼肌面积随屠宰体重的增加而线性增加,与本试验结果一致。导致胴体性状随屠宰体重变化规律不同的原因可能是猪的品系不同或所处体重范围不太一样引起的。

3.2 不同屠宰体重对猪肌肉品质的影响

3.2.1 不同屠宰体重对猪肌肉理化性质的影响

本试验发现,肉色、pH、滴水损失、剪切力、大理石纹评分、肌肉脂肪和水分含量等在各屠宰体重间均无显著差异。已有研究也指出,肌肉的理化特性,包括肉色、剪切力、pH、滴水损失、肌肉脂肪含量等,在屠宰重量增加后不会受到影响或略有改变^[5-6,18-21,26-27]。但是也有报道称肌肉的理化特性会随屠宰体重变化,如肉色 L* 值、b* 值会随屠宰体重升高而显著降低^[7,25,29],而 a* 值有些报

道会升高^[25],有些报道会降低^[7]。肉色与氧肌红蛋白含量呈极显著正相关,与脱氧肌红蛋白、肌红蛋白含量呈显著负相关^[12],肉色随屠宰体重变化结果不一,可能与宰后因素有关。肌肉中的水分含量及蒸煮损失被报道随屠宰体重升高而降低^[5,25]。Latorre 等^[25]发现在 120~140 kg 屠宰体重阶段,背最长肌脂肪含量随屠宰体重升高而升高。有报道称肌肉脂肪含量从一个较低水平(1.6%)提高到中等水平(2.0%)可以显著提高肉的风味,但是肌肉脂肪含量再进一步的提高对肉风味并无显著影响^[14]。也有研究者持有不同观点,指出当肌肉脂肪含量在 1%~3%时,肌肉的品尝风味逐步改善,要使肌肉达到愉悦的品尝特性,肌肉脂肪含量必须大于 4%^[13]。由于本试验的猪为瘦肉型猪,肌肉脂肪含量相对较低,并未发现随屠宰体重变化而变化的规律。

3.2.2 不同屠宰体重对猪肌肉纤维性状的影响

肌纤维直径和密度是影响肌肉嫩度的重要指标。肌肉品质与肌纤维直径成反比,与肌纤维密度成正比。本试验发现在 110~150 kg 屠宰体重阶段,肌纤维直径随屠宰体重升高而升高,肌纤维密度随屠宰体重升高而降低。这与 Choi 等^[26]结果一致,随着屠宰体重升高,平均肌纤维面积升高,进一步分析肌纤维类型发现,Ⅰ型纤维面积随屠宰体重升高无显著变化,但是随屠宰体重增加,ⅡA 及ⅡB 型肌纤维面积显著升高。肌纤维类型会影响肉品质,糖酵解肌肉纤维含量的增加(Ⅱ型),会导致猪肉 pH、亮度、蒸煮损失、保水力下降。肌肉 pH 快速下降是因为肌肉中的乳酸含量的提高,使得苍白肉(PSE)出现概率大大提高^[30]。

3.2.3 不同屠宰体重对猪肌肉肌酐酸含量及脂肪酸组成的影响

随着生活水平提高,消费者对猪肉品质及风味要求越来越高,优质猪肉的市场日益扩大。肉质品尝的鲜美风味是一种非挥发性风味。肉类的鲜味主要来自 2 种化合物:味精和肌苷酸。肌苷酸是一种 5' 的核糖核苷酸,起源于 ATP 的降解产物。次黄嘌呤是肌苷酸的一种降解产物,可以使肉产生苦味^[13]。本试验中,肌肉肌苷酸含量在 110~140 kg 屠宰体重阶段无显著变化,但是 150 kg 屠宰体重的肌肉肌苷酸含量显著低于 110~140 kg 屠宰体重阶段。因此,屠宰体重达到 150 kg 可能会影响肌肉的鲜味。

脂肪酸是肉类风味物质的主要前体之一。在肉烹饪的过程中,不饱和脂肪酸降解,或者脂肪酸通过和美拉德反应产物反应产生许多风味物质。本试验中,不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸含量均在 140 kg 屠宰体重达到最高,随后在 150 kg 屠宰体重时降低。Ba 等^[3]也发现在 100~120 kg 屠宰体重阶段,猪背最长肌样品中不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量在高屠宰体重组中更高,与本试验结果一致。本试验中,猪肉中的脂肪酸最丰富的为油酸,其次为棕榈酸和硬脂酸,这与宋凡^[31]利用气相色谱法测定猪肉中脂肪酸的含量结果一致。李丹丹等^[32]测定不同产地发酵藏猪肉中脂肪酸组成,结果表明,猪肉中的不饱和脂肪酸占总脂肪酸的比例在 56%~64%。而本试验中,不饱和脂肪酸占总脂肪酸比例比其略高,为 69.35%,含量为 6.21~10.56 mg/g 肌肉。李兴美等^[16]在分析屠宰体重分别在 80 和 98 kg 的东海淮猪背腰肉时发现,屠宰体重为 98 kg 的猪肉亚麻酸含量显著提高,其余脂肪酸含量无显著变化。但是肩颈肉和臀腿肉的脂肪酸组成无显著变化。因此,我们可以推断,脂肪酸除了受屠宰体重的影响外,还与取样位置有关。不同位置的肌肉肌纤维类型不同,如一般意义上的白肉-背最长肌及红肉-臀二头肌,脂肪酸组成也不同,红肉中磷脂的比例高于白肉,含有较高含量的多不饱和脂肪酸^[14];而且通过在饲料中添加一定比例的脂肪酸可以调控肌肉中的脂肪酸组成^[14,33]。不仅如此,猪肌肉中的脂肪酸组成还受品种的影响,有研究发现中国地方猪种与国外猪种猪肉脂肪酸构成和相对含量呈现不同程度的差异^[34]。烹饪方式也会影响其脂肪酸组成^[35]。因此,我们发现,可以影响猪肌肉中的脂肪酸组成的因素众多,如性别、品系、体重、取样位置、饲料成分、烹饪方式、饲养管理等。猪肉中脂肪酸的含量与组成可直接影响肉品质,如 pH、嫩度、风味和多汁性等;同时,脂肪酸含量及组成与心血管疾病、肥胖和糖尿病等代谢性疾病的发生发展密切相关^[33]。肉类中的脂肪酸除了作为人体能量的主要来源之一,还参与机体很多生物化学过程。多不饱和脂肪酸可以清除血液中坏的胆固醇,降低心脑血管疾病及中风的概率。Wood 等^[14]在一篇综述中指出,健康的肉质就是寻求 n-6/n-3 多不饱和脂肪酸最佳平衡值。Raj 等^[28]发现,屠宰体重不影响肌肉中 n-6/n-3 多

不饱和脂肪酸,与此一致的是,我们也发现各屠宰体重的 n-6/n-3 多不饱和脂肪酸无显著变化。

3.2.4 不同屠宰体重对猪肌肉品尝评分的影响

品尝评分是决定消费者对肉类商品选择的最重要因素。影响肌肉品尝评分的因素,包括肌肉类型、肌肉脂肪酸组成、肌肉最终 pH、性别、品系、饲料、饲养管理、宰前因素、宰后处理等^[13,36-37]。脂肪酸组成会影响肌肉的品尝评分,单不饱和脂肪酸含量的升高和多不饱和脂肪酸含量的降低,可以提高品尝评分^[38],本试验中,单不饱和脂肪酸含量无显著变化,但是多不饱和脂肪酸含量在 140 kg 屠宰体重时达到最低。肌肉的最终 pH 对品尝评分的影响甚至高于性别、饲料组成和肌肉脂肪含量。虽然最终 pH 与肌肉的嫩度、多汁性、风味相关性很小,但是异味却与最终 pH 和影响 pH 下降的生化因素高度相关,如糖原、乳酸含量^[13]。本试验中,肌肉 pH 随屠宰体重升高无显著变化,相应的,品尝评分中的异味也无显著变化。Choi 等^[26]的研究中发现,较高的活重不影响嫩度、多汁性和风味等感官品质属性。而 Ba 等^[3]发现,在 110~120 kg 屠宰体重范围内,屠宰体重显著影响了肌肉中 47 种风味化合物中 11 种的含量,在高屠宰体重组中发现的氧化脂肪酸产生的风味化合物(醛类)含量显著高于低屠宰体重组;并且屠宰体重的增加与更高的风味、多汁性感官评分和接受评分显著相关。而在本试验中,除多汁性得分在 130 kg 屠宰体重时达到最高,其他品尝得分各屠宰体重间无显著差异。

4 结 论

在 110~150 kg 屠宰体重范围,皮×柱×长×大四元杂交商品肥育猪眼肌面积、肌肉理化性质并不随屠宰体重显著变化,但是肌纤维直径随屠宰体重升高而升高,肌纤维密度随屠宰体重升高而降低,且肌肉脂肪酸含量在 140 kg 体重阶段达到最高,肌肉多汁性得分在 130 kg 体重阶段达到最高。综合分析以上胴体性状、肌肉品质,建议该四元杂商品肥育猪的屠宰体重不要超过 140 kg。

参考文献:

[1] 李喜才.杜长大育肥猪最佳出栏时间的研究[J].养猪,2019(5):66-70.

LI X C.Studies on the best slaughter time of finishing

- pigs[J]. Swine Production, 2019(5):66-70. (in Chinese)
- [2] KIM Y S, KIM S W, WEAVER M A, et al. Increasing the pig market weight: world trends, expected consequences and practical considerations [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2005, 18(4):590-600.
- [3] BA H V, SEO H W, SEONG P N, et al. Live weights at slaughter significantly affect the meat quality and flavor components of pork meat [J]. Anim Science Journal, 2019, 90(5):667-679.
- [4] 郭建凤, 武英, 张印, 等. 不同体重商品猪胴体性能肉质性状及其相关程度研究 [J]. 中国畜牧兽医, 2007, 34(8):128-131.
GUO J F, WU Y, ZHANG Y, et al. Studies on carcass and meat quality performance and its correlativity of finishing pigs [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2007, 34(8):128-131. (in Chinese)
- [5] WEATHERUP R N, BEATTIE V E, MOSS B W, et al. The effect of increasing slaughter weight on the production performance and meat quality of finishing pigs [J]. Animal Science, 1998, 67(3):591-600.
- [6] SERRANO M P, VALENCIA D G, FUENTETAJA A, et al. Effect of gender and castration of females and slaughter weight on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive management systems [J]. Meat Science, 2008, 80(4):1122-1128.
- [7] GALIÁN M, POTO A, PEINADO B. Carcass and meat quality traits of the Chato Murciano pig slaughtered at different weights [J]. Livestock Science, 2009, 124(1/2/3):314-320.
- [8] 郭建凤, 武英, 赵德云, 等. 不同屠宰体重鲁农 II 号猪屠宰性能与肉质性状的相关分析 [J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(4):594-599.
GUO J F, WU Y, ZHAO D Y, et al. Correlativity analysis of carcass and meat quality performances of lunong synthetic line II finishing pigs of different slaughter weights [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2009, 31(4):594-599. (in Chinese)
- [9] OLIVEIRA E A, BERTOL T M, COLDEBELA A, et al. Live performance, carcass quality, and economic assessment of over 100 kg slaughtered pigs [J]. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2015, 67(6):1743-1750.
- [10] 杨忠诚, 龚俞, 杨茂林, 等. 不同屠宰体重对江口萝卜猪胴体性状、肉品质、氨基酸和脂肪酸的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2016, 43(9):2317-2325.
- YANG Z C, GONG Y, YANG M L, et al. Effect of slaughter weight on carcass traits, meat quality, amino acids, and fatty acids in muscle of *Jiangkou Luobo* pigs [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2016, 43(9):2317-2325. (in Chinese)
- [11] 吴秋玉, 郑远鹏. 不同屠宰体重对梅山杂交猪胴体性能及肉质的影响 [J]. 农业开发与装备, 2018(3):100-101.
WU Q Y, ZHENG Y P. Effects of different slaughter weights on carcass performance and meat quality of *Meishan* hybrid pigs [J]. Agricultural Development and Equipment, 2018(3):100-101. (in Chinese)
- [12] YU Q P, FENG D Y, XIAO J, et al. Studies on meat color, myoglobin content, enzyme activities, and genes associated with oxidative potential of pigs slaughtered at different growth stages [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2017, 30(12):1739-1750.
- [13] NGAPO T M, GARIÉPY C. Factors affecting the eating quality of pork [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2008, 48(7):599-633.
- [14] WOOD J D, RICHARDSON R I, NUTE G R, et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review [J]. Meat Science, 2004, 66(1):21-32.
- [15] 熊云霞, 王丽, 易宏波, 等. 长期添加藤茶提取物对肥育猪血清游离氨基酸、胴体性状和肉品质的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46(11):3252-3261.
XIONG Y X, WANG L, YI H B, et al. Effects of long-term addition of *ampelopsis grossedentata* extract on serum free amino acids, carcass traits and meat quality of finishing pigs [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2019, 46(11):3252-3261. (in Chinese)
- [16] 李兴美, 周波, 任同苏, 等. 不同体重阶段的东海淮猪肌肉脂肪酸和氨基酸含量分析 [J]. 畜牧与兽医, 2011, 43(1):32-35.
LI X M, ZHOU B, REN T S, et al. Analysis of muscle fatty acid and amino acid content in *Donghai Huai* pigs at different weight stages [J]. Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2011, 43(1):32-35. (in Chinese)
- [17] 常乐, 孙延纯, 朱德富. 不同出栏体重对精气神黑猪肉质的影响 [J]. 中国猪业, 2013, 8(增刊1):48-50.
- CHANG L, SUN Y C, ZHU D F. Effect of different slaughter weight on the quality of *Jingshenshan* black pork [J]. China Swine Industry, 2013, 8(Suppl.1):48-50. (in Chinese)
- [18] 谭红, 吴买生. 不同屠宰体重对湘沙猪配套系胴体性

- 能及肉品质的影响[J].养猪,2019(6):47-49.
- TAN H, WU M S. Effects of carcass performance and meat quality traits of *Xiangsha* synthetic finishing pigs with different slaughter weights [J]. Swine Production, 2019(6):47-49. (in Chinese)
- [19] 郭建凤, 吕东三, 杜玉诗. 不同屠宰体重大蒲莲猪胴体性能、肉质性状及其相关关系分析[J]. 养猪, 2019(4):52-56.
- GUO J F, LV D S, DU Y S. Analysis of carcass performance, meat characteristics and correlation of large *Pulian* pigs of different slaughter weights [J]. Swine Production, 2019(4):52-56. (in Chinese)
- [20] 郭建凤. 屠宰体重对杜鲁烟杂交猪胴体肉品质影响及其相关关系分析[J]. 养猪, 2019(5):57-62.
- GUO J F. Analysis on the influence of slaughter weight on carcass quality of *Duroc-Luyan* hybrid pigs and its correlation [J]. Swine Production, 2019(5):57-62. (in Chinese)
- [21] 郭建凤, 葛长利, 陈其美. 不同屠宰体重日照大白猪胴体肉质性状及其相关关系研究[J]. 养猪, 2019(3):65-67.
- GUO J F, GE C L, CHEN Q M. Research on carcass quality characteristics and their correlations at different slaughter weights of large white pigs [J]. Swine Production, 2019(3):65-67. (in Chinese)
- [22] 郭建凤, 蔺海朝, 王继英, 等. 不同屠宰体重烟台黑猪胴体性能、肉质性状及其相关关系分析[J]. 养猪, 2020(4):49-53.
- GUO J F, LING H C, WANG J Y, et al. Analysis of carcass performance, meat characteristics and correlation of *Yantai* black pig with different slaughter weights [J]. Swine Production, 2020(4):49-53. (in Chinese)
- [23] LATORRE M A, GARCÍA-BELENQUER E, ARIÑO L. The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain) [J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(8):1933-1942.
- [24] LO FIEGO D P, SANTORO P, MACCHIONI P, et al. Influence of genetic type, live weight at slaughter and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in the heavy pig [J]. Meat Science, 2005, 69(1):107-114.
- [25] LATORRE M A, LÁZARO R, VALENCIA D G, et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs [J]. Journal of Animal Science, 2004, 82(2):526-533.
- [26] CHOI Y M, OH H K. Carcass performance, muscle fiber, meat quality, and sensory quality characteristics of crossbred pigs with different live weights [J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2016, 36(3):389-396.
- [27] CORREA J A, FAUCITANO L, LAFOREST J P, et al. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates [J]. Meat Science, 2006, 72(1):91-99.
- [28] RAJ S, SKIBA G, WEREMKO D, et al. The relationship between the chemical composition of the carcass and the fatty acid composition of intramuscular fat and backfat of several pig breeds slaughtered at different weights [J]. Meat Science, 2010, 86(2):324-330.
- [29] 郭建凤, 王诚, 王继英, 等. 不同屠宰体重商品猪胴体性能、肉质性状及相关关系分析[J]. 养猪, 2011(5):57-60.
- GUO J F, WANG C, WANG J Y, et al. Analysis of carcass performance, meat quality characteristics and correlation of commercial pigs with different slaughter weights [J]. Swine Production, 2011(5):57-60. (in Chinese)
- [30] LEFAUCHEUR L. A second look into fibre typing-relation to meat quality [J]. Meat Science, 2010, 84(2):257-270.
- [31] 宋凡. 气相色谱法测定猪肉脂肪酸组成 [J]. 饲料工业, 2007, 28(11):38-39.
- SONG F. Using gas chromatography to determine the fatty acid composition of pork [J]. Feed Industry, 2007, 28(11):38-39. (in Chinese)
- [32] 李丹丹, 蒲丽, 罗章. 气相色谱法测定不同产地发酵藏猪肉中脂肪酸 [J]. 高原农业, 2020, 4(1):63-68, 88.
- LI D D, PU L, LUO Z. Determination of fatty acids in fermented Tibetan pork from different regions by gas chromatography [J]. Journal of Plateau Agriculture, 2020, 4(1):63-68, 88. (in Chinese)
- [33] 农秋云, 刘嘉琪. 单体中猪肉中脂肪酸组成的品种差异及脂肪酸沉积的调控机制 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(6):2507-2514.
- NONG Q Y, LIU J Q, SHAN T Z. Breed difference of fatty acid composition and regulation mechanism of fatty acid deposition in pork [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(6):2507-2514. (in Chinese)
- [34] 方晨, 胡澜月, 郭飞, 等. 中国地方猪种与国外猪种猪肉脂肪酸组成的对比分析 [J]. 食品科技, 2020, 45(3):166-171.

- FANG C, HU B Y, GUO F, et al. Comparative analysis of fatty acid composition of pork from local pig species in china and foreign pig species[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(3): 166-171. (in Chinese)
- [35] 许雪萍, 李静, 范亚苇, 等. 烹调方式对猪肉肌肉脂肪中脂肪酸组成的影响[J]. 中国食品学报, 2020, 20(5): 196-203.
- XU X P, LI J, FAN Y W, et al. Effects of cooking methods on fatty acid compositions of pork intramuscular lipids[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(5): 196-203. (in Chinese)
- [36] 张宏博. 宰前因素和宰后处理对商品猪生长发育、屠宰及胴体质量和猪肉品质影响的研究[D]. 博士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.
- ZHANG H B. Effects of pre- and post-mortem factors on growth performance, slaughter and carcass characteristics and meat quality of pig[D]. Ph.D. Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [37] AASLYNG M D, MEINERT L. Meat flavour in pork and beef-from animal to meal[J]. Meat Science, 2017, 132: 112-117.
- [38] CAMERON N D, ENSER M B. Fatty acid composition of lipid in *longissimus dorsi* muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality[J]. Meat Science, 1991, 29(4): 295-307.

Effects of Slaughter Weight on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Pigs

XIONG Yunxia XIAO Hao WU Qiwen LIU Shuai WEN Xiaolu
YANG Xuefeng JIANG Zongyong WANG Li*

(State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding, Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China Ministry of Agriculture, Maoming Branch, Guangdong Laboratory for Lingnan Modern Agriculture, Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of slaughter weight on carcass traits and meat quality of lean meat type finishing pigs. Fifty of four hybrid pigs (Pietrain × Duroc × Landrace × Yorkshire) weighed at 110 ($n=10$), 120 ($n=10$), 130 ($n=10$), 140 ($n=10$) and 150 kg ($n=10$) were selected to slaughter and carcass traits were determined. Physicochemical properties, muscle fiber, fatty acid contents and sensory quality characteristics of the *longissimus dorsi* muscle samples were measured to comprehensive inspection of meat quality changing by slaughter weight. The results showed as follows: 1) within the slaughter weight range of 110 to 150 kg, carcass weight, dressing percentage, average back-fat thickness, leaf fat weight, carcass length, body side length, body length, body height, chest circumference and abdominal circumference were significantly positively correlated with slaughter weight ($P<0.05$), while there was no significant change in loin-eye area between any slaughter weight stage ($P>0.05$). The weight of heart, liver, spleen, kidney, gastric, large intestine, small intestine, and gastric index and small intestine index all increased by the increase of slaughter weight ($P<0.05$). 2) There was no significant difference in meat color, pH, drip loss, shear force, marbling scoring, intramuscular fat and moisture contents between any stage of slaughter weight ($P>0.05$). 3) Within the slaughter weight range of 110 to 150 kg, the diameter of muscle fiber increased with the increase of slaughter weight ($P<0.05$), while the density of muscle fiber decreased with the increase of slaughter weight ($P<0.05$). 4) The fatty acid contents reached the highest at 140 kg, with oleic acid, palmitic acid and stearic acid being the most abundant, and the slaughter weight had no effect on the ratio of n-3 to n-6 polyunsaturated fatty acids ($P>0.05$). 5) Muscle juiciness reached the highest level at 130 kg, and there was no significant difference in other taste evaluation, such as appearance, smell, flavor, abnormal flavor, chewiness, turbidness of soup and freshness of soup ($P>0.05$). It is recommended that the slaughtering weight of the four hybrid commercial finishing pigs should not exceed 140 kg, considering the carcass traits and muscle quality. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(4):1986-2000]

Key words: slaughter weight; carcass trait; meat quality; fatty acid; muscle fiber; taste evaluation