

莱芜猪与杜长大三元杂交猪肉质性状种质资源比较研究

杨杰,周李生,刘先先,马焕班,谢贤华,熊信威,侯利娟,黄弋轩,陈从英*,麻骏武*

(江西农业大学 动物生物技术国家重点实验室培育基地,南昌 330045)

摘要: 本研究旨在对中国地方品种莱芜猪和杜长大三元杂交商品猪的多个肉质性状进行准确的评估,并分析不同品种、性别和肌肉组织对肉质的影响。本研究选取宰前活重相近的 264 头莱芜猪和 610 头杜长大三元杂交猪,在同一屠宰场屠宰,并测定其眼肌面积、pH、肉色、肌内脂肪(IMF)含量、大理石纹、水分含量及滴水损失等多项肉质指标,再对这些表型数据进行统计分析。结果表明,品种内 IMF 含量和滴水损失的变异程度均大于 30%,提示通过品种内选择,可在一定程度上改善猪肉的 IMF 含量及滴水损失,并提高肉品质的均一性;品种间比较发现,除眼肌面积外,莱芜猪的各项肉质指标均优于杜长大 ($P < 0.01$),尤其是莱芜猪的平均 IMF 含量是杜长大的 6 倍多,其平均滴水损失不到杜长大的 1/3,提示若将莱芜猪的肉质优良基因导入到商品猪中可以较大幅度地改善商品猪的肉品质。就性别而言,阉公猪的 IMF 含量要高于母猪 ($P < 0.05$),但其他性状基本上无显著差异 ($P > 0.05$)。眼肌大理石纹评分高于半膜肌,而终 pH 相反。此外,性状间的相关性分析结果表明,增加 IMF 有利于提高终 pH 和减少滴水损失。本研究结果加深了对莱芜猪和杜长大猪的肉质特性认识,并为今后它们的肉质选育工作提供参考。

关键词: 莱芜;杜长大;肉质性状;肌内脂肪含量;滴水损失

中图分类号:S828;S813.3

文献标志码:A

文章编号:0366-6964(2014)11-1752-08

A Comparative Study of Meat Quality Traits between Laiwu and DLY Pigs

YANG Jie, ZHOU Li-sheng, LIU Xian-xian, MA Huan-ban, XIE Xian-hua, XIONG Xin-wei,

HOU Li-juan, HUANG Yi-xuan, CHEN Cong-ying*, MA Jun-wu*

(Candidate of National Key Laboratory for Animal Biotechnology,

Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: The aim of this study was to accurately evaluate comprehensive meat quality characteristics of Chinese Laiwu pigs and western Duroc×Landrace×Yorkshire (DLY) three-way crossed pigs, and to estimate the effects of breed, sex and muscle tissues on meat quality traits. In this study, a total of 264 Laiwu pigs and 610 DLY pigs with similar slaughter weight were slaughtered in the same abattoir, and were then phenotyped for different meat quality traits including loin eye area (LEA), pH, meat color, intramuscular fat content (IMF) content, marbling, moisture content and drip loss. The data showed that the coefficients of variation in IMF content and drip loss within either breed were above 30%, implying that the two characteristics could be improved to some extent by within-bred selection. Except LEA, Laiwu had better meat quality characteristics than that of DLY ($P < 0.01$), especially with regard to IMF and drip loss. The average IMF of Laiwu

收稿日期:2014-03-14

基金项目:国家“973”计划项目前期(2012CB722502);江西省重大科技项目(20114ACB01100)

作者简介:杨杰(1987-),男,湖南常德人,博士生,主要从事动物遗传育种研究,E-mail:394410279@qq.com

*通信作者:陈从英,副研究员,Tel/Fax:0791-83813080,E-mail:chey75@hotmail.com;麻骏武,副教授,Tel/Fax:0791-83813080,E-mail:majunwu@hotmail.com

was 6-fold higher than that of DLY, and the average drip loss of Laiwu was only one-third of that of DLY. It suggested that introducing desirable genes from Laiwu into commercial pigs might greatly improve the meat quality of them. Compared to sows, castrated boars had higher IMF content ($P < 0.05$). Sex had no significant effect on the other traits ($P > 0.05$). Longissimus muscle (LM) showed higher marbling score and lower ultimate pH than semimembranosus muscle (SM). In addition, IMF was positively correlated with ultimate pH ($P < 0.05$) and negatively associated with drip loss ($P < 0.05$). In conclusion, the results of this study contributes to the further understanding of meat quality characteristics of Laiwu and DLY, and can be used as an important reference for future breeding programs for enhancing meat quality of these breeds.

Key words: Laiwu; DLY; meat quality characteristics; IMF content; drip loss

肉质性状作为猪的重要经济性性状,与人们的肉食营养、肉食品加工和养猪业经济效益都密切相关,改善肉品质已经成为猪肉产业满足消费者口感、健康和营养水平的关键因素^[1]。杜长大三元杂交猪是当今我国主流的商品猪,其因生长速度快、饲料利用率高、瘦肉率高、经济效益明显而备受养猪生产者青睐。然而,杜长大商品猪存在一些明显的肉质缺陷,主要表现在肉易失水、颜色苍白、加工产量低、缺乏口感和风味,故已逐渐不能满足消费者对肉品质的更高需求。中国拥有众多肉质优良的地方猪种,如莱芜猪、金华猪、玉山黑猪等。莱芜猪是中国华北型猪的典型代表之一,其因肉质细嫩、色泽鲜艳、持水力高、肌肉脂肪含量丰富、肉味香浓等特性而闻名于世^[2]。莱芜猪最突出的特点是超高的肌肉脂肪含量,有报道称莱芜猪的肌肉脂肪含量平均高达 11.6% 以上,更有甚者达到 19%~20%。肌肉的高脂肪含量使其呈现明显的大理石纹,烹调以后口感细嫩香醇。而反观国内其他地方优良猪种,其肌肉脂肪含量一般为 3%~6%,国外商业猪种更低,含量在 1.5%~2.5%^[3]。

因为肉质性状需要对个体屠宰后进行测定,成本较高,所以肉质性状大规模测定一般不易展开。而这必然影响到品种内或群体内肉质表型变异和遗传多样性评估的准确性,进而影响肉质育种工作进展。到目前为止,国内外鲜有对中国地方猪种进行大规模屠宰测定,并将其和西方商业猪种的肉质性状做全面、系统地比较。本研究在同一个现代化屠宰场采用相同电击宰杀方式,对大批莱芜猪($N > 260$ 头)和杜长大($N > 600$ 头)三元杂交猪进行了屠宰和肉质测定。本研究包括以下三个方面的内容:一是,利用莱芜和杜长大三元杂交猪两个品种的大规模屠宰数据,综合评估这两个群体的肉质特性;二

是,分析品种、肌肉组织、性别 3 个因素对肉质性状的影响效应;三是,研究 IMF、滴水损失与其他肉质性状之间的关系。

1 材料与方 法

本研究于 2012 年 11 月—2013 年 12 月在江西农业大学动物生物技术国家重点实验室培育基地完成。

1.1 试验材料

本研究的对象为 264 头中国莱芜猪和 610 头杜长大三元杂交猪。

本试验从山东省莱芜市莱芜猪原种场分 3 次购买 5 月龄的莱芜猪,其中阉公猪 175 头,母猪 89 头。运至南昌市国鸿生态园猪场内按统一饲养标准进行饲养,待养至 300 日龄,平均体重约 95 kg,将这些猪运至南昌市国鸿屠宰场,禁食 24 h 后,采用统一电击麻醉心脏放血方式进行屠宰。

610 头杜长大三元杂交猪(阉公猪 306 头,母猪 304 头)达到上市体重(90~100 kg),从九江修水猪场运至南昌市国鸿屠宰场,其宰杀方式同莱芜猪。

1.2 取样方法

莱芜猪:屠宰 30 min 后取左侧胴体第 10 根肋骨~最后一根肋骨的眼肌(Longissimus muscle, LM)和左侧胴体的半膜肌(Semimembranosus muscle, SM)^[4-7],取完样立即放入 4 °C 冰箱冷藏,于宰后 45 min 和 24 h 进行肉质测定。

杜长大三元杂交猪:由于屠宰速度及成本限制,只取了眼肌组织样,取样部位及样品储存方式同莱芜猪,宰后 24 h 进行肉质测定。

1.3 表型测定

眼肌面积(Loin eye area, LEA):采用硫酸方格纸法进行测量,先在硫酸纸上描绘猪只宰后的眼肌横截面,然后将硫酸纸上所描绘的图形扫描进计算

机,进而采用 Leica 软件计算其面积。

pH($\text{pH}_{45\text{ min}}$ 、 $\text{pH}_{24\text{ h}}$):采用梅特勒公司的 Delta 320 pH Meter 肉质 pH 计测定,测定前用 pH 为 7.00 和 4.01 的电极标准缓冲液进行校正,每份样品测定 2 次,取平均值为最终结果。

肉色主观评分(Color score):采用标准肉色评分板(US National Pork Producers Council, NPPC),其有 6 个肌肉横切面分值级别,1=灰白色,6=暗紫色^[7];仪器测定采用日本 CM-2600d/2500d Minolta Chroma Meter,测定肌肉的红度(Minolta a^* 值)、黄度(Minolta b^* 值)及亮度(Minolta L^* 值)。

水分含量(Moisture content):采用高温烘干差量法进行测量^[8]。

肌肉脂肪(Intramuscular fat, IMF)含量:使用索氏脂肪抽提法进行测定^[8]。

大理石纹(Marbling):以美国 NPPC 的“大理石纹评分标准图”评定作为参照,将冷藏 24 h 的肉样对大理石纹进行目测评分,该评分板有 10 个肌肉横切面分值级别,1=微量,10=极丰富^[9]。一般情况下,这 10 等级能准确评估肌肉中的大理石花纹。但是,由于莱芜猪的肌肉脂肪含量过高,使其大理石纹超出了比色板评分的范围,为此,笔者自制了 11 分、12 分这 2 个评分等级。

滴水损失(Drip loss):采用 EZ-管测定法进行测定^[10]。

1.4 统计分析

本研究所使用的统计分析软件为 R 语言。使用 anov() 函数对不同品种、不同性别、不同肌肉组织的各肉质表型进行组间方差分析;使用 cor() 函数计算肉质性状指标之间的 Pearson 相关系数,进而使用 cor.test() 函数对相关系数的显著性进行统计假设检验。

2 结果

2.1 各肉质表型的变异范围

莱芜猪和杜长大三元杂交猪肉质性状的观测数、平均值、标准差和变异范围见表 1。从表中可知,莱芜猪的平均 IMF 含量超过 10%,而杜长大三元杂交猪的平均 IMF 含量不足 2%,这与前人研究结果一致^[3]。除此之外,莱芜猪中眼肌大理石纹、半膜肌 b^* 值及滴水损失的变异程度 C. V 均超过了 30%;而杜长大三元杂交猪中眼肌的 a^* 值、IMF 和

滴水损失的变异程度也高于 30%。这些性状在群体内变异程度大,很有可能与控制这些性状的基因存在分离有关,所以它们应该是今后遗传育种关注的重点。

2.2 品种对肉质性状的影响

品种是影响动物肉质差异的决定因素之一。本研究对莱芜猪和杜长大三元杂交猪 10 个重要肉质指标进行了对比分析,分析结果见表 2。从表中可知,莱芜猪和杜长大三元杂交猪所有肉质表型均存在极显著差异($P < 0.001$)。杜长大三元杂交猪的眼肌面积是莱芜猪的 2 倍,但在其他肉质性状上均未体现出优势。其中,莱芜猪肉色的 4 个指标(即主观评分、 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值)均高于杜长大三元杂交猪。此外,莱芜猪的平均 IMF 含量和大理石纹分别是杜长大杂交猪的 6 倍和 3 倍左右。除此之外,莱芜猪的平均终 pH($\text{pH}_{24\text{ h}}$)高于杜长大近 0.3,而水分含量及滴水损失则均低于杜长大三元杂交猪。结果证实,中国地方品种在产肉量上远不及商业猪种,但在肉的品质方面高出许多。

2.3 性别对肉质表型的影响

性别对中西方猪种肉质性状的影响效应见表 3。从表中可知,只有 IMF 性状在这 2 个品种中都呈现出阉公猪的表型值高于母猪的表型值;此外,莱芜母猪的半膜肌 b^* 显著高于阉公猪($P < 0.05$),杜长大母猪的眼肌面积高于阉公猪($P < 0.05$);其他肉质指标包括 pH、肉色评分、水分含量和滴水损失等都没有表现出显著的性别差异。

2.4 肌肉组织对肉质的影响

肌肉的组成和结构对肉质具有重要影响。本研究对比分析了莱芜猪的眼肌和半膜肌的 8 个重要肉质性状(表 4)。结果表明,除 $\text{pH}_{45\text{ min}}$ 外,各指标在组织间均有显著差异。其中,半膜肌肉色主观评分及 a^* 值(红度)要高于眼肌($P < 0.001$),而眼肌的 L^* 值(亮度)则高于半膜肌($P < 0.001$)。这提示半膜肌较眼肌更显暗红色。此外,半膜肌宰后 24 h 的 pH 要显著高于眼肌($P < 0.001$),相应的,眼肌的滴水损失大于半膜肌($P < 0.01$)。

2.5 肌肉脂肪和滴水损失与其他肉质性状的相关性

IMF 含量是重要的肉质指标,直接影响着肉质的嫩度、多汁性,特别是肉的风味。同时,IMF 也是莱芜猪最具特色的肉质性状。鉴于本研究发现 IMF 在莱芜猪及杜长大杂交猪中均呈现较高的变异程度(表 1),笔者对这 2 个试验群体的眼肌 IMF

表 1 莱芜猪和杜长大三元杂交猪群体肉质性状表型分布

Table 1 Distribution of meat quality traits in Laiwu and DLY populations

品种 Breed	性状 Trait	个体数 N	平均值 Mean	最大值 Maximum	最小值 Minimum	标准差 S. D.	变异系数/% C. V
莱芜猪 Laiwu	眼肌 LM						
	眼肌面积/cm ² LEA	255	30.230	47.280	19.160	5.407	17.89
	45 min pH pH _{45 min}	264	6.681	7.270	6.110	0.202	3.02
	24 h pH pH _{24 h}	264	5.781	6.745	5.110	0.335	5.80
	肉色主观评分 Color score	264	3.415	5.000	2.000	0.493	14.43
	红度 Minolta a*	264	5.605	11.770	0.190	1.752	31.26
	黄度 Minolta b*	264	7.737	13.280	3.180	2.070	26.76
	亮度 Minolta L*	264	48.210	60.890	38.690	4.460	9.25
	肌内脂肪含量/% IMF	256	10.599	17.967	2.339	3.508	33.10
	大理石纹 Marbling	264	7.366	12.000	2.000	2.952	40.08
	水分含量 Moisture content	260	0.667	0.828	0.434	0.059	8.84
	滴水损失 Drip loss	264	0.948	3.939	0.096	0.710	74.92
	半膜 SM						
	45 min pH pH _{45 min}	264	6.682	7.090	6.075	0.197	2.95
	24 hpH pH _{24 h}	264	6.043	6.795	5.280	0.335	5.54
	肉色主观评分 Color score	264	4.989	6.000	3.000	0.602	12.08
	红度 Minolta a*	264	7.036	10.900	3.830	1.383	19.66
	黄度 Minolta b*	264	4.540	13.070	-0.250	2.391	52.67
	亮度 Minolta L*	264	36.960	49.250	30.310	2.766	7.48
	大理石纹 Marbling	264	2.544	5.000	1.500	0.616	24.21
滴水损失 Drip loss	264	0.795	3.895	0.131	0.470	59.20	
杜长大 杂交猪 DLY	眼肌 LM						
	眼肌面积/cm ² LEA	598	64.870	91.210	37.500	8.143	12.55
	24 hpH 值 pH _{24 h}	580	5.502	6.425	5.040	0.251	4.57
	肉色主观评分 Color score	584	3.051	4.500	1.000	0.513	16.82
	红度 Minolta a*	584	1.513	6.620	-1.450	1.110	73.37
	黄度 Minolta b*	584	5.683	9.210	1.380	1.471	25.88
	亮度 Minolta L*	584	47.030	58.520	34.580	3.311	7.04
	肌内脂肪含量/% IMF	610	1.737	4.000	0.610	0.556	32.00
	大理石纹 Marbling	610	2.725	5.500	1.500	0.641	23.52
	水分含量 Moisture content	610	0.747	0.777	0.719	0.007	0.95
滴水损失 Drip loss	583	3.351	9.520	0.150	2.095	62.50	

表 2 品种对肉质性状的影响

Table 2 Effect of breeds on meat quality traits

性状 Trait	莱芜猪 LW	杜长大杂交猪 DLY	显著水平 Significance
眼肌面积/cm ² LEA	30.23±5.41	64.87±8.14	* * *
24 h pH pH _{24 h}	5.78±0.34	5.50±0.25	* * *
肉色主观评分 Color score	3.42±0.49	3.05±0.51	* * *
红度 Minolta a*	5.61±1.75	1.51±1.11	* * *
黄度 Minolta b*	7.74±2.07	5.68±1.47	* * *
亮度 Minolta L*	48.21±4.46	47.03±3.31	* * *
肌内脂肪含量/% IMF	10.60±3.51	1.74±0.56	* * *
大理石纹 Marbling	7.37±2.95	2.73±0.64	* * *
水分含量 Moisture content	0.67±0.06	0.75±0.01	* * *
滴水损失 Drip loss	0.95±0.71	3.35±2.09	* * *

ns. 不显著; * . $P < 0.05$; * * . $P < 0.01$; * * * . $P < 0.001$ 。下同ns. Non-significant; * . $P < 0.05$; * * . $P < 0.01$; * * * . $P < 0.001$. The same as below

表 3 性别对肉质性状的影响

Table 3 Effect of genders on meat quality traits

品种 Breed	性状 Trait	阉公猪 Castrated boar	母猪 Sow	显著水平 Significance
莱芜猪 Laiwu	眼肌 LM			
	眼肌面积/cm ² LEA	30.149±5.274	30.411±5.697	ns
	45 min pH pH _{45 min}	6.676±0.196	6.691±0.213	ns
	24 h pH pH _{24 h}	5.796±0.338	5.733±0.344	ns
	肉色主观评分 Color score	3.429±0.485	3.388±0.510	ns
	红度 Minolta a*	5.667±1.766	5.483±1.729	ns
	黄度 Minolta b*	7.704±2.114	7.801±1.992	ns
	亮度 Minolta L*	48.411±4.679	47.81±3.989	ns
	肌内脂肪含量/% IMF	10.953±3.304	9.934±3.794	*
	大理石纹 Marbling	7.557±2.870	6.989±3.090	ns
	水分含量 Moisture content	0.664±0.058	0.674±0.060	ns
	滴水损失 Drip loss	0.91±0.684	1.022±0.758	ns
	半膜肌 SM			
	45 min pH pH _{45 min}	6.685±0.201	6.675±0.191	ns
	24 h pH pH _{24 h}	6.072±0.328	5.987±0.342	ns
	肉色主观评分 Color score	5.011±0.611	4.944±0.586	ns
	红度 Minolta a*	6.966±1.331	7.172±1.479	ns
	黄度 Minolta b*	4.260±2.261	5.091±2.554	**
	亮度 Minolta L*	36.913±2.849	37.046±2.607	ns
	大理石纹 Marbling	2.514±0.612	2.601±0.622	ns
滴水损失 Drip loss	0.803±0.443	0.779±0.523	ns	
杜长大 杂交猪 DLY	眼肌 LM			
	眼肌面积/cm ² LEA	63.886±8.061	65.877±8.116	**
	24 h pH pH _{24 h}	5.519±0.246	5.484±0.256	ns
	肉色主观评分 Color score	3.061±0.496	3.042±0.531	ns
	红度 Minolta a*	1.47±1.104	1.557±1.116	ns
	黄度 Minolta b*	5.715±1.406	5.649±1.537	ns
	亮度 Minolta L*	46.987±3.234	47.074±3.393	ns
	肌内脂肪含量/% IMF	1.9±0.558	1.574±0.504	***
	大理石纹 Marbling	2.851±0.669	2.599±0.586	***
	水分含量 Moisture content	0.747±0.007	0.747±0.007	ns
滴水损失 Drip loss	3.272±2.117	3.432±2.072	ns	

表 4 肌肉组织对肉质的影响

Table 4 Effect of tissues on meat quality traits

性状 Trait	眼肌 LM	半膜肌 SM	显著水平 Significance
45 min pH pH _{45 min}	6.681±0.202	6.682±0.197	ns
24 h pH pH _{24 h}	5.781±0.335	6.043±0.335	***
肉色主观评分 Color score	3.415±0.493	4.989±0.602	***
红度 Minolta a*	5.605±1.752	7.036±1.383	***
黄度 Minolta b*	7.737±2.070	4.540±2.391	***
亮度 Minolta L*	48.21±4.460	36.96±2.766	***
大理石纹 Marbling	7.366±2.952	2.544±0.616	***
滴水损失 Drip loss	0.948±0.710	0.795±0.470	**

含量与其他肉质性状的相关性进行了研究,分析结果见表 5。研究发现,在莱芜猪中,IMF 含量与 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值均呈极显著的正相关($r > 0.38, P < 0.001$)。此外,不管是在莱芜猪还是在杜长大杂交猪中,IMF 含量与大理石纹均达了极显著的正相关($r > 0.5, P < 0.001$),而与水分含量则呈极显著的负相关($r < -0.5, P < 0.001$);另外,除了上述性状,IMF 与其他肉质性状的相关性尽管均达到了显著水平,但相关程度均较低($|r| < 0.3$)。

猪肉系水力是猪肉品质鉴定最重要的基本参数之一,其影响肉的加工产量、适口性、营养价值和受

消费者欢迎程度^[11]。滴水损失在莱芜猪和杜长大杂交猪中的变异系数均高达 60% 以上(表 1)。于是,笔者同样对这 2 个群体中的眼肌滴水损失与其他肉质性状的相关性进行了分析(表 5)。结果显示,在莱芜猪及杜长大中,滴水损失均与宰后 24 h pH 高度负相关($r < -0.36, P < 0.001$),即 pH 越低,滴水损失越多。在杜长大杂交猪中,滴水损失与 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值均呈较强正相关($r > 0.45, P < 0.001$),而与肉色主观评分呈较强负相关($r = -0.619, P < 0.001$)。

表 5 眼肌内 IMF、滴水损失与其他肉质性状的表型相关系数

Table 5 The correlation coefficients of IMF, drip loss and other meat quality traits in LM

品种 Breed	性状 Trait	与 IMF 的相关系数 Correlation with IMF	与滴水损失的相关系数 Correlation with drip loss
莱芜猪 Laiwu	眼肌面积 LEA	-0.362***	0.189**
	45 min pH $pH_{45 \text{ min}}$	0.127*	-0.272***
	24 h pH $pH_{24 \text{ h}}$	0.226***	-0.367***
	肉色主观评分 Color score	-0.184**	-0.209***
	红度 Minolta a^*	0.541***	-0.182**
	黄度 Minolta b^*	0.381***	-0.192**
	亮度 Minolta L^*	0.554***	-0.007ns
	肌内脂肪 IMF	1.000***	-0.271***
	大理石纹 Marbling	0.706***	-0.261***
	水分含量 Moisture content	-0.796***	0.261***
杜长大 杂交猪 DLY	滴水损失 Drip loss	-0.271***	1.000***
	眼肌面积 LEA	-0.140***	0.143***
	24 h pH $pH_{24 \text{ h}}$	0.089*	-0.695***
	肉色主观评分 Color score	-0.017ns	-0.619***
	红度 Minolta a^*	0.098*	0.453***
	黄度 Minolta b^*	0.194***	0.554***
	亮度 Minolta L^*	0.129**	0.646***
	肌内脂肪 IMF	1.000***	-0.079ns
	大理石纹 Marbling	0.545***	-0.236***
	水分含量 Moisture content	-0.541***	-0.041ns
滴水损失 Drip loss	-0.079ns	1.000***	

3 讨论

3.1 品种内肉质性状变异特征及选育方向

肉质性状受到遗传、环境、宰前应激及宰后加工等多种因素影响,但遗传或品种是主因^[12]。本研究发现,莱芜猪和杜长大杂交猪群体的肉质性状都呈现较大变异特征,尤其是 IMF 含量和滴水损失的变异系数均高达 30% 以上,显示这 2 个性状都有选育提高的空间,显然应将它们作为这 2 个群体肉质选育的重点性状。

杜长大是由杜洛克、长白和大白 3 个品种杂交产生,本身遗传背景比较复杂。由于控制各品种的肉质性状等位基因存在差异,故杜长大杂交猪表型变异较大不足为奇。然而,纯种莱芜猪的肉质表型同样有明显的变化幅度,提示控制其肉质表型的基因位点有较高的杂合度,即该品种仍有较高的遗传多样性。这对莱芜猪保种选育和开发利用都有一定影响。从保种角度出发,需要保持莱芜猪的遗传多样性,维持其有效群体规模。但从搞商品肉开发的角度,又需要降低莱芜猪群的遗传分化水平,提高其肉品质的均一性。为做到这一点,笔者建议建立莱芜猪优质肉专门化品系。

莱芜猪的平均 IMF 含量高达 10.6%, 远超 S. Lakshmanan 等建议的商品肉 IMF 含量在 2%~3% 的理想范围^[13], 单从肉外表大理石纹看, 同样不易被消费者所接受。由于莱芜猪眼肌面积小(反映瘦肉率低), 且眼肌面积与 IMF 呈显著负相关, 因此, 对于莱芜猪优质肉专门化品系选育而言, 应以提高眼肌面积, 降低 IMF 至 4%~5% 为宜。

3.2 品种间的肉质表型差异及杂交利用

本研究对比了脂肪沉积能力极强的莱芜猪和西方瘦肉型杜长大三元杂交猪的肉质性状, 发现它们在几乎所有检测的肉质性状上都差异极显著 ($P < 0.01$), 研究发现, 国外猪种具有生长速度快、瘦肉率高和饲料转化率高等优点, 但往往肉质较差; 中国地方猪种虽生成缓慢, 却具备更好的肉质^[14], 这与本研究结果一致。本研究证实, 莱芜猪的众多肉质性状均优于杜长大商品猪。可以预期, 如果以西方良种瘦肉型猪为父本、莱芜猪为母本进行杂交, 或利用转基因等技术手段将莱芜猪的肉质优良基因导入西方商业猪种培育肉质新品种, 将可极大的改善商品猪的肉质, 创造显著经济效益。

3.3 性别和肌肉组织对肉质性状的影响效应分析

性别和不同部位肌肉组织对肉质性状也具有重要影响。本研究发现, 在莱芜猪及杜长大杂交猪 2 个群体中, 阉公猪的 IMF 含量均显著高于母猪 ($P < 0.05$), 这很可能是由于阉公猪与母猪之间激素水平差异造成的。有研究表明, 雄性激素可以促进脂肪的分解^[15], 阉公猪很可能是由于体内雌雄激素之间的平衡被人为打破, 从而抑制了肌内脂肪的分解, 进而致使阉公猪的肌内脂肪含量要高于母猪。由于 IMF 对口感风味有一定的促进作用, 故阉公猪的风味可能优于母猪。此外, 莱芜猪眼肌和半膜肌的肉质性状差异分析表明, 半膜肌 24 h 的 pH、 a^* 值高于眼肌, 而眼肌中的大理石纹高于半膜肌, 这些均与麻骏武等在白色杜洛克×二花脸资源家系和苏太猪 2 个群体中的研究结果相一致^[16]。眼肌和半膜肌的颜色和脂肪含量差异可能与两者的肌纤维组成和运动引起的能量代谢差异有关。本研究并未对莱芜猪眼肌和半膜肌的肌纤维组成进行深入研究, 其肌纤维组成的差异性有待进一步的考证。

3.4 肌内脂肪和滴水损失与其他肉质性状的关系

肌内脂肪含量是目前评价肉质特性最为重要的性状之一^[17], 肌内脂肪增多将导致肉中水分被脂肪置换而绝对量减少, 易浸出流失的肌肉内自由水也相应减少, 因此宰后肌内脂肪冷却凝固, 也相应提高了肌肉的持水性能^[18]。就本研究而言, 莱芜猪丰富的 IMF 含量确实对其肉质起到了相应的改善作用, 其与肌肉水分含量 ($r = -0.796$)、滴水损失 ($r = -0.271$) 的负相关均达到了极显著水平 ($P < 0.001$)。与此同时, 杜长大肌内脂肪含量与水分含量 ($r = -0.541$) 也达到了极显著的水平 ($P < 0.001$), 但相关程度不及莱芜猪的结果。其原因可能是由于莱芜猪的肌内脂肪远高于杜长大三元杂交猪, 且变化范围更大的缘故。除此之外, 在莱芜及杜长大中, 肌内脂肪均与大理石纹呈现极显著正相关 ($r > 0.54$, $P < 0.001$)。有研究表明, 主观评定的大理石纹实际上代表的是肌内脂肪与结缔组织的总和^[18], 所以理论上肌内脂肪含量与大理石纹评分成正比, 本研究证实了这个结论, 说明通过主观大理石纹评分来评判肌肉内可见的脂肪含量具有较高的准确性。本研究还发现, 肌内脂肪含量与 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值均呈显著的正相关, 与肉色主观评分呈负相关。这些结果提示笔者选择高 IMF 含量的个体时, 水分、滴水损失和肉色等性状也间接受到了选择。

肌肉滴水损失是衡量肉质优劣的重要指标,其导致大量营养物质流失,包含游离氨基酸、B族维生素、矿物质及肌红蛋白等^[19]。一方面,滴水损失与肉的终 pH 直接相关。肌肉 pH 的下降会使蛋白质分子的多肽链更加紧密,蛋白质分子空间结构间距缩小,从而使肌肉中的水分子被部分挤出^[20]。当肉 pH 等于蛋白质的等电点时,蛋白质不带电荷,肉的系水力明显降低。本研究表明,在莱芜猪及杜长大杂交猪中, pH_{24h} 与滴水损失均达到了极显著负相关($r < -0.36, P < 0.001$),提示在莱芜猪及杜长大杂交猪的育种中,提高 pH,降低酸肉发生的概率,可有效减少滴水损失。

4 结 论

莱芜猪的肉质性状种质资源特性整体上优于杜长大杂交猪。IMF 和滴水损失呈现较大的品种内变异程度和很大的品种间差异,故它们是种内选育和品种杂交选育的重点性状。由于阉公猪的 IMF 高于母猪,所以前者风味可能更好。莱芜猪眼肌比半膜肌的大理石纹更高而终 pH 更低。提高 pH 和(或)IMF,都有助于降低滴水损失。

参 考 文 献:

[1] 张伟力,陈清明,曾勇庆. 莱芜猪肉切块质量点评[J]. 猪业科学, 2008, (1): 88-89.

[2] 杨振燕,王增光,杨振波,等. 莱芜猪种质资源调查报告[J]. 中国猪业, 2013, (4): 31-33.

[3] 杨振燕,李淑梅,王增光,等. 莱芜猪之历史深韵与当代繁荣[J]. 中国畜禽种业, 2013, (5): 55-57.

[4] DUAN Y Y, MA J W, YUAN F, et al. Genome-wide identification of quantitative trait loci for pork temperature, pH decline, and glycolytic potential in a large-scale White Duroc × Chinese Erhualian resource population[J]. *J Anim Sci*, 2009, 87: 9-16.

[5] MA J W, REN J, GUO Y M, et al. Genome-wide identification of quantitative trait loci for carcass composition and meat quality in a large-scale White Duroc × Chinese Erhualian resource population[J]. *Anim Genet*, 2009, 40: 637-647.

[6] 段艳宇,周利华,麻骏武,等. 利用白色杜洛克 × 二花脸资源家系定位影响猪肉硬度的 QTL[J]. 畜牧兽医学报, 2009, 40(11): 1582-1587.

[7] 周利华,郭源梅,段艳宇,等. 在白色杜洛克 × 二花脸资源家系中定位影响猪肉滴水损失的 QTL[J]. 中国农业科学, 2011, 10: 2131-2138.

[8] AOAC. Official Methods of Analysis[M]. 17th ed. Association of the Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, 2000.

[9] NPPC. Procedures to evaluate marker hogs[M]. 3rd ed. National Pork Producers Council, Des Moines, IA, 1991.

[10] OTTO G, ROEHE R, LOOFT H, et al. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs[J]. *Meat Sci*, 2004, 68: 401-409.

[11] 呼红梅,朱荣生,王继英,等. 莱芜猪肉肉质特性研究[J]. 家畜生态学报, 2008, (2): 6-9.

[12] ANDERSEN H J, OKSBJERG N, YOUNG J F, et al. Feeding and meat quality—a future approach[J]. *Meat Sci*, 2005, 70: 543-554.

[13] LAKSHMANAN S, KOCH T, BRAND S, et al. Morlein and K. Raum. Prediction of the intramuscular fat content in loin muscle of pig carcasses by quantitative time-resolved ultrasound[J]. *Meat Sci*, 2012, 90 (1): 216-225.

[14] 薛尚军,杨晓奋,刘 宏,等. 中国地方猪种的肉质特性[J]. 国外畜牧学(猪与禽), 2011, (2): 92-94.

[15] 豆兴成. 性激素对脂肪组织代谢的影响及其作用机制[J]. 兰州医学院学报, 2003, (4): 85-87.

[16] MA J W, YANG J, ZHOU L S, et al. Genome-wide association study of meat quality traits in a White Duroc × Erhualian F2 intercross and Chinese Sutai pigs[J]. *PLoS ONE*, 2013, 8: e64047.

[17] DEVOL D L, MCKEITH F K, BECHTEL P J, et al. Shanks, and T. R. Carr. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses[J]. *J Anim Sci*, 1988, 66: 385-395.

[18] 曾勇庆,孙玉民. 影响莱芜猪肉质的肌内脂肪及其它化学性状的研究[J]. 山东农业大学学报, 1989, (4): 57-61.

[19] 李 华. 莱芜猪和鲁莱黑猪肌肉抗氧化性能及肉质特性的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.

[20] 柳艳霞,高晓平,赵改名,等. 宰后因素对肌肉保水性的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 16: 4846-4848.