

引用格式:

陈晨, 张兴, 张善文, 李玉莲, 吴买生, 彭英林. 沙子岭猪血缘杂交猪的胴体性状及肌肉品质[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2020, 46(2): 215–222.

CHEN C, ZHANG X, ZHANG S W, LI Y L, WU M S, PENG Y L. Carcass and meat quality traits of crossbred pigs with graded proportions of Shaziling genes[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2020, 46(2): 215–222.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



沙子岭猪血缘杂交猪的胴体性状及肌肉品质

陈晨¹, 张兴², 张善文², 李玉莲², 吴买生^{3*}, 彭英林^{1,4*}

(1.湖南省畜牧兽医研究所, 湖南 长沙 410131; 2.湘潭市家畜育种站, 湖南 湘潭 411104; 3.湘潭市农业农村局, 湖南 湘潭 411104; 4.湖南农业大学动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要:以巴克夏和大约克猪为对照, 比较沙子岭、1/2 沙子岭(巴克夏×沙子岭)(巴沙)、1/4 沙子岭(大约克×(巴克夏×沙子岭))(大巴沙)猪的胴体性状和肌肉品质, 探讨氨基酸转运载体基因表达与氨基酸含量的相关性。结果表明:屠宰率、胴体长、眼肌面积、腿臀比例、瘦肉率等胴体性状指标随着沙子岭猪血缘含量的减少逐渐升高, 而平均背膘厚、皮厚、肥肉率则表现出相反的变化趋势, 其中大巴沙猪的主要胴体指标水平与瘦肉型巴克夏和大约克猪的接近;在肌肉品质方面, 大理石纹评分、系水力、肌肉脂肪含量以沙子岭或巴克夏猪的最高, 大约克猪的最低, 而滴水损失和水分含量则是大约克猪的最高;大巴沙、巴沙、沙子岭、巴克夏、大约克猪的饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸含量之和依次降低, 多不饱和脂肪酸含量依次升高;沙子岭猪的必需氨基酸、风味氨基酸和总氨基酸含量均极显著高于其他猪的($P<0.01$);氨基酸转运载体基因(*CAT1*)表达水平与氨基酸含量呈极显著正相关($P<0.01$), 说明氨基酸含量与 *CAT1* 基因有着密切的关系。沙子岭猪血缘猪具有良好的持水性能, 大巴沙猪肌肉脂肪含量适中, 必需氨基酸、风味氨基酸、总氨基酸、饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸含量均很丰富, 说明大巴沙猪的肉质风味和肌肉品质较好。综合考虑前期繁育性能和毛色一致性等因素, 大巴沙猪是湘沙猪配套系较为理想的杂交组合。

关 键 词:沙子岭猪; 杂交; 胴体性状; 肌肉品质; 氨基酸转运载体基因

中图分类号: S828.2 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2020)02-0215-08

Carcass and meat quality traits of crossbred pigs with graded proportions of Shaziling genes

CHEN Chen¹, ZHANG Xing², ZHANG Shanwen², LI Yulian², WU Maisheng^{3*}, PENG Yinglin^{1,4*}

(1.Hunan Institute of Animal and Veterinary Science, Changsha, Hunan 410131, China; 2.Xiangtan Municipal Livestock Breeding Station, Xiangtan, Hunan 411104, China; 3.Xiangtan Municipal Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Xiangtan, Hunan 411104, China; 4.College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: With the control of Berkshire and Yorkshire pigs, carcass and meat quality traits of Shaziling, 1/2 Shaziling (Berkshire×Shaziling), 1/4 Shaziling(Yorkshire×(Berkshire×Shaziling)) were investigated, and the correlation between expressions of amino acid transporter genes and amino acid content was analyzed. The results demonstrated that carcass yield, carcass length, lion-eye area, ham percentage and lean percentage tended to increase gradually as Shaziling genes

收稿日期: 2019-03-19

修回日期: 2019-04-22

基金项目: 湖南省重点研发计划项目(2017NK2331、2019NK2193); 湖南省重点实验室开放研究基金项目(2017TP1030)

作者简介: 陈晨(1986—), 男, 河南开封人, 博士, 助理研究员, 主要从事猪遗传育种研究, 2004chch@163.com; *通信作者, 吴买生, 研究员, 主要从事猪遗传育种和营养研究, 1185056886@qq.com; *通信作者, 彭英林, 研究员, 主要从事猪遗传育种研究, 13907487646@126.com

decreased, while the average backfat thickness, skin thickness and fat percentage exhibited the opposite change. Furthermore, the main index of carcass traits in Yorkshire×(Berkshire×Shaziling) pigs was very close to that in lean type Berkshire and Yorkshire pigs. The marbling score, water holding capacity and intramuscular fat content were higher in Shaziling or Yorkshire pigs, and lower in Yorkshire pig. Meanwhile, Yorkshire pigs had higher drip loss and water content. The total contents of saturated fatty acid and monounsaturated fatty acid were decreased in Yorkshire×(Berkshire×Shaziling), Berkshire×Shaziling, Shaziling, Berkshire and Yorkshire pigs in turn, whereas the content of polyunsaturated fatty acid was increased in turn. And, the contents of essential amino acid, flavor amino acid and total amino acid in Shaziling pigs were significantly higher than those in other groups ($P<0.01$). In addition, significant positive correlation between amino acid transporter gene *CAT1* expression and amino acid content was observed ($P<0.01$), implying that *CAT1* gene is closely related to amino acid content. Compared with Berkshire and Yorkshire pigs, Shaziling and its crossbred pigs had higher water holding capacity. In Yorkshire×(Berkshire×Shaziling) pigs, the intramuscular fat content was moderate, the contents of essential amino acid, flavor amino acid, total amino acid, saturated fatty acid and monounsaturated fatty acid were rich, suggesting that Yorkshire×(Berkshire×Shaziling) pigs has an advantage over pork flavor and meat quality. Taking into account the former fattening performance and consistency of coat color, Yorkshire×(Berkshire×Shaziling) is an ideal cross combination of Xiangsha synthetic line pigs.

Keywords: Shaziling pigs; crossbreeding; carcass traits; meat quality; amino acid transporter gene

随着人们生活水平的提高和营养观念的转变,猪肉市场正在由瘦肉需求向优质肉需求发展。在现代养猪生产中,如何平衡产肉量和肉品质,既满足人们的消费需求,又增加养殖经济效益,是值得育种工作者深入思考的问题^[1]。

研究^[2-3]表明,在猪的商业化生产中,二元或三元杂交选育是经济有效的基本途径,可在保持肉品质的情况下提高猪的生长速度。大约克和巴克夏均为瘦肉型猪种,其中巴克夏猪肌肉脂肪分布均匀、肉质鲜嫩。大约克和巴克夏猪在中国都曾作为地方猪种的杂交父本,如以大约克为父本、莱芜猪为母本,培育出了鲁莱黑猪;以巴克夏猪为母系父本、藏猪梅山合成系为母系母本育成了川藏黑猪等优质新品种或配套系^[4]。沙子岭猪是湖南省优良地方猪种,具有肉质细嫩、抗逆性强的种质特性^[5],但也存在生长速度慢、产肉性能低等不足,难以进行大规模推广。在沙子岭猪杂交组合筛选与配套系选育研究的基础上^[6-7],本研究中,以含不同比例沙子岭猪血缘的猪为研究对象,比较其胴体性状和肌肉品质,旨在为沙子岭猪的种质特性、杂交选育研究和产业化开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验猪

试验猪均选择体质量(30.65 ± 2.97) kg、生长发育良好的健康猪只(阉公猪和母猪各半),按照统一标准进行饲养。其中沙子岭、1/2沙子岭(巴克夏×沙

子岭)(下面简称巴沙)、1/4沙子岭(大约克×(巴克夏×沙子岭))(下面简称大巴沙)猪各60头,巴克夏、大约克猪各30头。

1.2 饲养管理

从2016年9月至2017年10月,按照统一标准,分2批饲养试验猪只。预试期7 d,期间打耳标、驱虫和防疫。正试期内,按体质量分前期(30~60 kg)和后期(大于60 kg)2个阶段进行饲养。日喂2餐,吃饱不剩,供给充足洁净饮水,保持圈舍清洁卫生,作好日常工作记录和猪群健康状况记录。

1.3 测定指标与方法

试验猪达到出栏体质量时试验结束,从每批每组试验猪中随机抽取生长健康的3公3母送至伟鸿食品股份有限公司待宰,宰前空腹24 h。

1.3.1 胴体性状指标测定

依据NY/T 825—2004“瘦肉型猪胴体性状测定技术规范”进行屠宰和胴体性状指标的测定,包括宰前活质量、胴体质量、屠宰率、胴体长、平均背膘厚、皮厚、眼肌面积、腿臀比例、胴体组成。

1.3.2 肉质性状指标测定

屠宰后采集左半边胴体肌肉样品,按照NY/T 821—2004“猪肌肉品质测定技术规范”测定肉质性状指标,包括pH₁、pH₂₄、肉色、大理石纹、滴水损失(48 h)、系水力(压力法)、肌肉脂肪含量、水分;按照NY/T 1180—2006“肉嫩度的测定剪切力测定

法”测定肌肉嫩度；取腰大肌中段约100 g肉样，称蒸前质量，置于蒸锅内加盖蒸30 min，取出肉样吊挂于室内阴凉处冷却30 min，称蒸后质量，计算熟肉率。

1.3.3 长链脂肪酸含量测定

根据GB/T 9695.2—2008“肉与肉制品脂肪酸测定”，采用气相色谱仪(安捷伦7890A)测定肌肉样品中的长链脂肪酸含量。色谱条件：色谱柱为SP-2560(100 m×0.25 mm，0.20 μm)毛细管柱；载气为高纯氮气；初始温度140 ℃保持5 min，以4 ℃/min升至240 ℃；进样口温度260 ℃；检测器温度260 ℃；分流比100：1；进样量1 μL。

1.3.4 水解氨基酸含量测定

参照GB/T 5009.124—2003“食品中氨基酸的测

定”，采用全自动氨基酸分析仪(日立L8900)测定肌肉样品中的氨基酸含量。

1.3.5 基因表达分析

屠宰后，迅速采集最后肋骨处的背最长肌，立即置于液氮中，然后保存在-80 ℃超低温冰箱中。Trizol法提取样品总RNA，采用超微量分光光度计(Nanodrop 2000)测定RNA的浓度和纯度，凝胶电泳检测RNA完整性。用DNase I (Fermentas)去除RNA中的DNA，再按照反转录试剂盒(Fermentas)说明书进行反转录，以β-actin基因为内参，采用SYBR Green法对目的基因进行qRT-PCR分析，引物序列见表1。采用2^{-ΔΔC_t}分析目的基因相对表达量。

表 1 基因引物序列及扩增参数

Table 1 Primer sequences and amplification parameters				
基因名称	基因登录号	上游引物(5'—3')	下游引物(5'—3')	片段大小/bp
CAT1	NM_001012613.1	CCTGGGCTTCATAATGGTGT	GGCATTGTTCAGGCAGAGAT	109
EAAC1	NM_001164649.1	CTATCAGTATCACCGCCACA	CGAACGCATCACCAAGGA	186
LAT1	NM_001110421.1	TTGTTATGCGGAAGTGGG	GATGATGAGGAGGGAGGT	118
β-actin	DQ845171.1	CCAGGTCATCACCATCGG	CCGTGTTGGCGTAGAGGT	158

1.4 数据统计分析

试验数据运用SPSS 20.0进行分析统计：采用Duncan法进行多重比较和显著性检验；运用Bivariate Correlation进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 试验猪的胴体性状

由表2可知，屠宰率、胴体长、肋骨对数、眼肌面积、腿臀比例、瘦肉率和骨率等指标都以沙子岭猪的最低、大约克猪的最高，在含有沙子岭猪血缘的3组试验猪中，随着沙子岭猪血缘含量的减少而逐渐升高，其中大巴沙猪的瘦肉率比沙子岭猪高49.24%，比巴沙猪高15.37%，而平均背膘厚、皮厚、皮率和肥肉率则随着沙子岭猪血缘含量的减少而逐渐降低。巴沙猪的宰前活质量、胴体质量、胴体

长、眼肌面积、腿臀比例和瘦肉率均极显著高于沙子岭猪的($P<0.01$)，屠宰率和骨率显著高于沙子岭猪的($P<0.05$)，皮厚、皮率和肥肉率极显著低于沙子岭猪的($P<0.01$)。可见，与沙子岭猪相比，巴沙猪的胴体性状有了较大改善。巴沙猪的背膘厚、皮厚、皮率和肥肉率极显著高于父本巴克夏猪的($P<0.01$)，肋骨对数、眼肌面积和瘦肉率极显著低于巴克夏猪的($P<0.01$)。可见，巴沙猪的胴体性状与巴克夏猪的存在较大差距。大巴沙猪的胴体性状指标与巴克夏猪的胴体性状指标间的差异均无统计学意义；除眼肌面积、肥肉率和瘦肉率外，大巴沙猪的胴体性状指标与大约克猪的胴体性状指标间的差异均无统计学意义。可见，大巴沙猪的胴体性状与巴克夏和大约克猪的接近。

表 2 沙子岭猪血缘杂交猪的胴体性状

Table 2 Carcass traits of crossbred pigs with graded proportions of Shaziling genes							
试验猪	宰前活质量/kg	胴体质量/kg	屠宰率/%	胴体长/cm	平均背膘厚/mm	皮厚/mm	肋骨对数
沙子岭	(81.04±8.44)Bc	(54.73±6.25)Cc	(67.51±2.28)Bc	(81.31±4.15)B	(33.92±7.62)Aa	(4.95±1.16)A	(13.83±0.39)B
巴沙	(92.92±4.06)Ab	(64.62±2.62)Bb	(69.57±1.15)ABb	(90.48±2.43)A	(29.48±3.40)ABa	(3.97±0.26)B	(14.17±0.41)B
大巴沙	(99.39±5.20)Aa	(70.72±4.71)ABa	(71.15±2.78)Aab	(92.14±3.21)A	(24.26±4.22)BCb	(2.84±0.32)C	(15.00±0.59)A
巴克夏	(95.99±7.11)Aab	(67.08±5.57)ABab	(69.87±1.74)ABab	(90.33±1.56)A	(22.17±5.09)Cbc	(3.10±0.52)C	(15.30±0.48)A
大约克	(99.57±7.11)Aa	(71.40±5.34)Aa	(71.75±1.84)Aa	(92.99±1.94)A	(19.35±3.16)Cc	(3.02±0.62)C	(15.40±0.52)A

表 2(续)

试验猪	眼肌面积/cm ²	腿臀比例/%	皮率/%	肥肉率/%	瘦肉率/%	骨率/%
沙子岭	(17.41±0.78)Dd	(27.51±1.91)Bc	(13.78±2.72)A	(36.33±6.06)Aa	(40.39±3.16)D	(9.50±1.49)Cc
巴沙	(28.73±4.50)Cc	(31.27±1.13)Ab	(11.00±0.94)B	(25.72±1.42)Bb	(52.25±1.83)C	(11.03±0.80)BCb
大巴沙	(38.76±5.40)Bb	(31.96±0.99)Aab	(6.82±0.69)C	(21.74±2.91)BCc	(60.28±2.42)B	(11.16±1.26)ABCb
巴克夏	(42.44±6.31)ABb	(32.41±1.50)Aab	(7.92±1.24)C	(19.16±5.10)CDc	(60.59±3.43)B	(12.32±1.45)ABab
大约克	(47.55±5.16)Aa	(32.91±1.83)Aa	(6.52±1.09)C	(14.18±3.07)Dd	(66.26±2.41)A	(12.98±2.00)Aa

同列不同大写字母示组间差异极显著($P<0.01$)；不同小写字母示组间差异显著($P<0.05$)。

2.2 试验猪的肉质性状

从表3可以看出, pH₁、滴水损失和肉色 a^* 值在各组试验猪间的差异均无统计学意义($P>0.05$)；大理石纹评分、系水力、肌肉脂肪含量以沙子岭或巴克夏猪的最高, 大约克猪的最低, 而滴水损失和水分含量则是大约克猪的最高, 大约克猪肉质比其他4种猪的稍差；在含有沙子岭猪血缘的3组试验猪中, 除大理石纹评分外, 其余指标各组间的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

试验猪的 pH₁ 和 pH₂₄ 分别为 6.30~6.46 和 5.65~5.80, 均在正常范围内, 无PSE肉(pH₁低于5.9或pH₂₄低于5.5, 肉色苍白, 质地松软, 汁液渗出)和DFD肉(pH₁高于6.5或pH₂₄高于6.0, 肉色深暗, 质

地坚硬, 表面干燥)发生。巴克夏猪的肉色 L^* 值最高, 且在含有沙子岭猪血缘的3组试验猪中, L^* 值随着沙子岭猪血缘含量的减少而逐渐降低；巴克夏、沙子岭、巴沙、大巴沙、大约克猪的大理石纹评分和肌肉脂肪含量依次降低。可见, 大理石纹评分和肌肉脂肪含量与 L^* 值的变化趋势基本一致。巴沙猪的肉色 b^* 值最高, 极显著高于大巴沙、大约克猪的肉色 b^* 值($P<0.01$)。沙子岭和巴克夏猪的肌肉脂肪含量均较高, 达3.27%和3.68%, 但是其杂交后代巴沙猪的肌肉脂肪含量只有3.06%, 未达到亲本的平均值；沙子岭、巴沙、大巴沙猪的肌肉脂肪含量分别比大约克猪的高60.29%、50.00%、21.57%。

表 3 沙子岭猪血缘杂交猪的肉质性状

Table 3 Meat quality traits of crossbred pigs with graded proportions of Shaziling genes

试验猪	pH ₁	pH ₂₄	亮度(<i>L</i> [*])	红度(<i>a</i> [*])	黄度(<i>b</i> [*])	大理石纹评分
沙子岭	6.38±0.14	(5.80±0.10)A	(43.19±3.42)ab	5.24±1.62	(11.51±1.28)ABa	(3.42±0.97)Aa
巴沙	6.32±0.05	(5.72±0.07)AB	(42.17±2.40)ab	5.81±2.40	(13.07±0.69)Aa	(3.08±0.49)ABab
大巴沙	6.30±0.14	(5.79±0.10)A	(41.61±3.19)b	4.05±1.85	(10.85±1.24)ABab	(2.67±0.75)ABb
巴克夏	6.46±0.25	(5.82±0.14)A	(44.85±2.33)a	5.25±1.87	(8.39±5.33)Bbc	(3.55±0.80)Aa
大约克	6.37±0.17	(5.65±0.10)B	(43.12±2.05)ab	4.29±1.13	(7.51±4.94)Bc	(2.40±0.57)Bb

试验猪	滴水损失/%	系水力/%	熟肉率/%	水分/%	肌肉脂肪/%
沙子岭	2.35±0.30	(93.98±1.11)Aa	(64.20±2.80)ab	(73.11±0.66)Bb	(3.27±1.07)ABab
巴沙	2.36±0.16	(93.48±0.79)Aa	(64.67±1.28)ab	(73.49±0.55)ABab	(3.06±0.38)ABab
大巴沙	2.31±0.50	(93.13±0.97)Aab	(66.14±4.77)a	(73.69±0.56)ABab	(2.48±0.84)ABbc
巴克夏	2.34±1.23	(90.08±5.07)ABbc	(64.71±2.03)ab	(73.30±0.42)ABb	(3.68±0.99)Aa
大约克	2.64±0.87	(88.38±6.01)Bc	(62.74±1.91)b	(73.96±0.41)Aa	(2.04±0.36)Bc

同列不同大写字母示组间差异极显著($P<0.01$)；不同小写字母示组间差异显著($P<0.05$)。

2.3 试验猪的脂肪酸含量

如表4所示, 棕榈酸、花生酸和花生四烯酸含量在各组试验猪间的差异均无统计学意义($P>0.05$)；各组试验猪长链脂肪酸的主要成分均为油酸、棕榈酸、硬脂酸和亚油酸(约占脂肪酸总含量的90%), 且富含饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸(占脂肪酸总含量的80%以上)；大巴沙猪的饱和脂肪酸

含量最高, 显著高于沙子岭猪的($P<0.05$)；沙子岭和大巴沙猪的单不饱和脂肪酸含量较高, 显著高于大约克猪的($P<0.05$)；大约克猪的多不饱和脂肪酸含量最高, 显著高于大巴沙猪的($P<0.05$)；沙子岭猪的总不饱和脂肪酸含量最高, 显著高于大巴沙猪的($P<0.05$)；大巴沙、巴沙、沙子岭、巴克夏、大约克猪的饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸含量之和依次降低, 多不饱和脂肪酸含量依次升高。

表 4 沙子岭猪血缘杂交猪的脂肪酸含量

Table 4 Fatty acid content of crossbred pigs with graded proportions of Shaziling genes							%
试验猪	肉豆蔻酸 ¹⁾	棕榈酸 ¹⁾	棕榈烯酸 ²⁾	十七烷酸 ¹⁾	硬脂酸 ¹⁾	油酸 ²⁾	亚油酸 ³⁾
沙子岭	(1.23±0.14)ab	24.30±0.99	(2.73±0.88)a	(0.27±0.09)ab	(12.89±1.07)b	(40.35±3.26)a	(11.99±2.81)AB
巴沙	(1.33±0.21)a	24.59±1.59	(3.57±0.46)ab	(0.23±0.01)b	(13.88±0.66)a	(39.40±2.29)ab	(11.76±2.97)AB
大巴沙	(1.24±0.19)ab	25.22±1.09	(3.52±0.54)ab	(0.27±0.06)ab	(13.92±0.87)a	(40.57±2.48)a	(10.26±1.94)B
巴克夏	(1.19±0.07)ab	24.65±0.96	(3.11±0.28)b	(0.30±0.05)a	(13.88±1.43)a	(38.96±1.91)ab	(12.41±3.05)AB
大约克	(1.13±0.15)b	24.49±1.24	(3.04±0.41)b	(0.26±0.04)ab	(13.44±0.83)ab	(37.22±3.79)b	(14.18±3.85)A
试验猪	花生酸 ¹⁾	γ-亚麻酸 ³⁾	花生一烯酸 ²⁾	α-亚麻酸 ³⁾	花生三烯酸 ³⁾	花生四烯酸 ³⁾	
沙子岭	0.20±0.08	(0.11±0.06)ABab	(0.86±0.17)a	(0.43±0.07)Aa	(0.35±0.11)b	3.17±1.12	
巴沙	0.20±0.05	(0.16±0.05)Aa	(0.69±0.13)b	(0.37±0.06)ABb	(0.40±0.15)ab	3.26±1.40	
大巴沙	0.19±0.03	(0.08±0.03)Bb	(0.73±0.10)b	(0.42±0.05)Aa	(0.38±0.10)b	3.13±1.03	
巴克夏	0.17±0.04	(0.14±0.06)ABa	(0.70±0.09)b	(0.31±0.06)Bc	(0.41±0.08)ab	3.65±0.85	
大约克	0.19±0.04	(0.13±0.07)ABab	(0.77±0.16)ab	(0.31±0.05)Bc	(0.49±0.12)a	4.18±1.60	
试验猪	二十二碳六烯酸 ³⁾	饱和脂肪酸	单不饱和脂肪酸	多不饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸	饱和脂肪酸+单不饱和脂肪酸	
沙子岭	(0.13±0.06)ABabc	(38.89±1.33)b	(43.94±3.77)a	(16.18±3.84)ab	(61.12±1.35)a	(82.83±3.79)ab	
巴沙	(0.11±0.04)ABbc	(40.23±2.22)ab	(43.66±2.66)ab	(16.06±4.53)ab	(59.72±2.20)ab	(83.89±4.55)ab	
大巴沙	(0.09±0.03)Bbc	(40.84±1.58)a	(44.82±2.63)a	(14.36±2.86)b	(59.18±1.61)b	(85.66±2.85)a	
巴克夏	(0.14±0.04)ABab	(40.19±2.33)ab	(42.77±1.97)ab	(17.06±3.80)ab	(59.83±2.36)ab	(82.96±3.79)ab	
大约克	(0.15±0.07)Aa	(39.51±2.04)ab	(41.03±3.97)b	(19.44±5.33)a	(60.47±2.03)ab	(80.54±5.34)b	

1)为饱和脂肪酸; 2)为单不饱和脂肪酸; 3)为多不饱和脂肪酸。同列不同大写字母示组间差异极显著($P<0.01$); 不同小写字母示组间差异显著($P<0.05$)。

2.4 试验猪的氨基酸含量

由表5可知,本研究测定的氨基酸中,甘氨酸、胱氨酸、组氨酸和脯氨酸含量在各组试验猪间的差异均无统计学意义($P>0.05$);在所测的所有氨基酸中,各组试验猪的谷氨酸含量均为最高;除胱氨酸

和脯氨酸外,其他各氨基酸含量均是沙子岭猪的最高;沙子岭猪的必需氨基酸、风味氨基酸和总氨基酸含量均极显著高于其他猪的($P<0.01$),其他4组基本一致,且以大约克猪的最低。

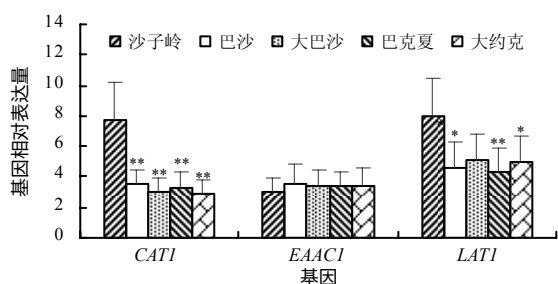
表 5 沙子岭猪血缘杂交猪的氨基酸含量

Table 5 Amino acid content of crossbred pigs with graded proportions of Shaziling genes							%
试验猪	天冬氨酸 ^②	苏氨酸 ^①	丝氨酸 ^②	谷氨酸 ^②	甘氨酸 ^②	丙氨酸 ^②	胱氨酸 ^②
沙子岭	(2.41±0.08)a	(1.20±0.04)A	(1.02±0.03)Aa	(4.29±0.20)a	1.02±0.33	(1.48±0.05)A	0.17±0.03
巴沙	(2.31±0.06)b	(1.16±0.04)AB	(0.91±0.04)Bc	(4.06±0.14)b	0.92±0.05	(1.42±0.05)B	0.18±0.03
大巴沙	(2.37±0.04)ab	(1.17±0.02)AB	(0.97±0.02)ABb	(4.12±0.07)ab	0.97±0.03	(1.45±0.03)AB	0.17±0.01
巴克夏	(2.35±0.16)ab	(1.15±0.04)AB	(0.93±0.06)Bbc	(4.03±0.25)b	0.92±0.05	(1.42±0.06)B	0.16±0.02
大约克	(2.29±0.13)b	(1.13±0.09)B	(0.95±0.07)Bb	(4.05±0.29)b	0.93±0.06	(1.41±0.04)B	0.17±0.02
试验猪	缬氨酸 ^{①②}	蛋氨酸 ^{①②}	异亮氨酸 ^{①②}	亮氨酸 ^{①②}	酪氨酸 ^②	苯丙氨酸 ^①	赖氨酸 ^①
沙子岭	(1.53±0.06)Aa	(0.96±0.07)a	(1.37±0.03)Aa	(2.10±0.04)Aa	(1.52±0.04)A	(1.14±0.03)Aa	(2.17±0.12)a
巴沙	(1.44±0.05)Bb	(0.93±0.05)ab	(1.29±0.04)Bc	(2.02±0.04)Bbc	(1.45±0.05)B	(1.08±0.06)Bb	(2.08±0.10)b
大巴沙	(1.50±0.03)ABa	(0.89±0.05)b	(1.33±0.03)ABb	(2.03±0.04)Bb	(1.45±0.03)B	(1.10±0.03)ABb	(2.10±0.05)ab
巴克夏	(1.42±0.08)Bb	(0.93±0.06)ab	(1.29±0.05)Bc	(2.01±0.06)Bbc	(1.45±0.05)B	(1.10±0.02)ABb	(2.09±0.05)ab
大约克	(1.42±0.08)Bb	(0.90±0.03)b	(1.28±0.04)Bc	(1.98±0.05)Bc	(1.43±0.03)B	(1.08±0.03)Bb	(2.08±0.08)ab
试验猪	组氨酸 ^①	精氨酸 ^②	脯氨酸 ^②	必需氨基酸	风味氨基酸	总氨基酸	
沙子岭	1.09±0.04	(1.88±0.09)a	0.99±0.12	(11.56±0.24)A	(20.74±0.51)Aa	(26.34±0.56)A	
巴沙	1.03±0.08	(1.82±0.09)ab	0.98±0.05	(11.03±0.36)B	(19.73±0.45)Bbc	(25.08±0.67)B	
大巴沙	1.04±0.06	(1.84±0.03)ab	1.04±0.04	(11.16±0.28)B	(20.13±0.40)Bb	(25.54±0.54)B	
巴克夏	1.03±0.07	(1.82±0.05)ab	1.01±0.07	(11.01±0.32)B	(19.74±0.64)Bbc	(25.11±0.71)B	
大约克	1.07±0.05	(1.80±0.04)b	1.01±0.05	(10.94±0.27)B	(19.62±0.53)Bc	(24.98±0.66)B	

①为必需氨基酸; ②为风味氨基酸。同列不同大写字母示组间差异极显著($P<0.01$); 不同小写字母示组间差异显著($P<0.05$)。

2.5 试验猪的氨基酸转运载体基因表达及其与氨基酸含量的相关性分析

沙子岭猪的 *CAT1* 基因的相对表达量极显著高于其他 4 组的($P<0.01$), *LAT1* 基因的相对表达量极显著高于巴克夏猪的($P<0.01$), 显著高于巴沙猪和大约克猪的($P<0.05$)。 *EAAC1* 基因在各组间的差异均无统计学意义(图 1)。相关性分析表明, *CAT1* 基因的表达量与氨基酸含量呈极显著正相关($P<0.01$), 相关系数为 0.448, *EAAC1* 和 *LAT1* 基因的表达量与氨基酸含量无显著性相关。



与沙子岭猪相比, “***”示差异极显著($P<0.01$), “**”示差异显著($P<0.05$)。

图 1 沙子岭猪血缘杂交猪背最长肌氨基酸转运载体的基因表达量

Fig.1 The relative expressions of amino acid transporter genes in longissimus dorsi muscle of crossbred pigs with graded proportions of Shaziling genes

3 结论与讨论

品种是影响胴体品质的决定性因素^[8]。本研究发现, 随着沙子岭猪血缘含量的减少, 屠宰率、眼肌面积、腿臀比例和瘦肉率等主要胴体指标逐渐升高, 而平均背膘厚、皮厚和肥肉率等指标则逐渐降低, 其中, 大巴沙猪的瘦肉率比沙子岭猪高49.24%, 比巴沙猪高15.37%, 这一变化趋势与梅山猪杂交试验的结果^[9]一致。巴克夏与大约克猪的骨率均比其他3组高, 这是由于外来瘦肉型猪种骨架大引起的。从含沙子岭猪血缘猪的骨率变化趋势来看, 杂交对后代的骨骼生长有一定的影响。巴沙猪与沙子岭猪相比, 胴体性状有了较大改善, 但其背膘厚、皮厚、眼肌面积、瘦肉率等指标与父本巴克夏猪还存在较大差距, 而大巴沙猪的胴体性状主要指标水平与瘦肉型巴克夏和大约克猪的接近, 说明三元杂交可以明显提高沙子岭猪的胴体品质, 是有效的选育途径, 这与前人的研究结果^[10-11]一致。

在影响肉质性状的众多因素中, 品种是最重要的遗传因素, 肉品质的好坏主要是通过肌肉的pH、肉色、滴水损失、系水力、熟肉率、肌内脂肪含量等指标来体现。本研究中, 5组试验猪的pH₁和pH₂₄分别为6.30~6.46和5.65~5.80, 均在正常范围内, 无PSE肉和DFD肉发生; 大理石纹评分和肌内脂肪含量与肉色L*值的变化趋势基本一致, 说明这种现象的产生可能是由于大理石纹中的脂肪反光所致, 并不一定是肉色苍白造成的^[12]; a*值在各组之间的差异无统计学意义, 而b*值在各组间有明显差异, 但其在肉色评定中的参考意义较小^[13]。

滴水损失、系水力、熟肉率、肌内脂肪含量直接影响肌肉的嫩度、风味和多汁性等食用品质^[14-15]。本研究中, 大约克猪的滴水损失最高, 系水力、熟肉率、肌内脂肪含量均最低, 说明大约克猪的肉质稍差于其他4组的。巴沙猪的肌内脂肪含量为3.06%, 未达到其亲本沙子岭猪(3.27%)和巴克夏猪(3.68%)的平均值, 这与前人以巴克夏猪为父本、地方猪种(鲁莱黑猪、里岔黑猪)为母本的杂交试验结果^[16-17]一致; 沙子岭、巴沙、大巴沙猪的肌内脂肪含量分别比大约克猪的高60.29%、50.00%、21.57%, 其中大巴沙猪的肌内脂肪含量达2.48%, 是新鲜猪肉的理想范围^[18]。

脂肪酸组成及含量与肌肉品质密切相关。当饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量较高时, 肌肉的嫩度、风味和多汁性均较好; 但多不饱和脂肪酸含量越高, 则肌肉越易氧化酸败, 肉品质较差^[19-20]。本研究中, 大巴沙、巴沙、沙子岭、巴克夏、大约克猪的饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸含量依次降低, 多不饱和脂肪酸含量依次升高, 说明含沙子岭猪血缘的猪肉风味和肌肉品质较好, 这与前人在地方猪种中的研究结果^[21-22]一致。吴妹英等^[21]和宋倩倩等^[22]的研究结果表明, 与外来瘦肉型猪种相比, 中国地方猪种的饱和脂肪酸含量较高。然而, 本研究中, 沙子岭猪的饱和脂肪酸含量最低, 这可能与沙子岭猪较低的屠宰体质量有关^[23]。

氨基酸组成及含量是评价猪肉营养价值的重要指标, 也是影响猪肉品质的重要因素^[24], 特别是8种必需氨基酸尤为重要。风味氨基酸是形成肉品香味必需的前体物质, 其中, 尤以谷氨酸的鲜味作用最强^[25]。本研究中, 沙子岭猪的必需氨基酸和风

味氨基酸含量均极显著高于其他试验猪,表明沙子岭猪肉的氨基酸营养价值丰富且肉味香郁。在对莆田黑猪^[21]、八眉猪^[26]、金华猪^[27]的研究均表明,风味氨基酸天冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸和赖氨酸的含量均较高,其中谷氨酸含量最高。本研究每个试验组中的谷氨酸含量均为最高,与上述研究结果一致,说明肌肉氨基酸的组成存在一定的规律性。

转运载体CAT1主要转运精氨酸、赖氨酸、组氨酸^[28],EAAC1主要转运谷氨酸和天冬氨酸^[29],而LAT1对亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、蛋氨酸等含有支链和苯环侧链的大分子氨基酸具有较强的亲和力^[30]。本研究中所测定的氨基酸中,除胱氨酸和脯氨酸外,其他各氨基酸含量都是沙子岭猪的最高。基于此,本研究又分别检测了碱性、酸性、中性氨基酸转运载体基因*CAT1*、*EAAC1*、*LAT1*在不同试验组中的表达量,分析基因表达量与氨基酸含量的相关性。结果显示,*CAT1*基因表达量与氨基酸含量呈极显著正相关($P<0.01$),说明猪背最长肌的氨基酸含量与*CAT1*基因有着密切的关系。

含 1/4 沙子岭猪血缘的大巴沙猪具有理想的胴体性状和良好的肌肉品质,其屠宰率、胴体长、背膘厚、眼肌面积、腿臀比例、瘦肉率等主要胴体指标水平接近瘦肉型巴克夏和大约克猪,肌内脂肪含量适中,必需氨基酸、风味氨基酸、饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸含量均很丰富。综合考虑前期肥育性能和毛色一致性等因素,大巴沙是湘沙猪配套系较为理想的杂交组合。

参考文献:

- [1] LATORRE M A, POMAR C, FAUCITANO L, et al. The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines[J]. *Livestock Science*, 2008, 115(2/3): 258–267.
- [2] LO L L, MCLAREN D G, MCKEITH F K, et al. Genetic analyses of growth, real-time ultrasound, carcass, and pork quality traits in Duroc and Landrace pigs I. Breed effects[J]. *Journal of Animal Science*, 1992, 70(8): 2373–2386.
- [3] JIANG Y Z, ZHU L, LI X W, et al. Evaluation of the Chinese indigenous pig breed Dahe and crossbred Dawu for growth and carcass characteristics, organ weight, meat quality and intramuscular fatty acid and amino acid composition[J]. *Animal*, 2011, 5(9): 1485–1492.
- [4] 郭源梅, 李龙云, 赖昭胜, 等. 中国地方猪种利用现状与展望[J]. *江西农业大学学报*, 2017, 39(3): 427–435.
- [5] GUO Y M, LI L Y, LAI Z S, et al. Present status and prospect of utilization of indigenous pig breeds in China[J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2017, 39(3): 427–435.
- [6] YANG H, XU X L, MA H M, et al. Integrative analysis of transcriptomics and proteomics of skeletal muscles of the Chinese indigenous Shaziling pig compared with the Yorkshire breed[J]. *BMC Genetics*, 2016, 17: 80.
- [7] 吴买生, 刘天明, 彭英林, 等. 沙子岭猪与巴克夏、汉普夏猪的二元杂交试验[J]. *家畜生态学报*, 2011, 32(3): 22–24, 108.
- [8] WU M S, LIU T M, PENG Y L, et al. Experiment on two-way cross of Shaziling pig with Berkshire and Hampshire[J]. *Acta Ecologiae Animalis Domastici*, 2011, 32(3): 22–24, 108.
- [9] 陈晨, 邓缘, 胡雄贵, 等. 沙子岭猪背最长肌肌苷酸含量与相关基因表达的关联性分析[J]. *家畜生态学报*, 2019, 40(1): 13–17.
- [10] CHEN C, DENG Y, HU X G, et al. Correlation between inosine monophosphate content and expressions of related genes in longissimus dorsi muscle of Shaziling pigs[J]. *Acta Ecologiae Animalis Domastici*, 2019, 40(1): 13–17.
- [11] GU Y, SCHINCKEL A P, MARTIN T G. Growth, development, and carcass composition in five genotypes of swine[J]. *Journal of Animal Science*, 1992, 70(6): 1719–1729.
- [12] BIDANEL J P, CARITEZ J C, GRUAND J, et al. Growth, carcass and meat quality performance of crossbred pigs with graded proportions of Meishan genes[J]. *Genetics Selection Evolution*, 1993, 25(1): 83–99.
- [13] 曾勇庆, 王根林, 魏述东, 等. 含不同比例莱芜猪血缘杂交猪胴体品质及肉质特性的研究[J]. *遗传*, 2005, 27(1): 65–69.
- [14] ZENG Y Q, WANG G L, WEI S D, et al. Studies on carcass and meat quality performance of crossbred pigs with graded proportions of Laiwu black genes[J]. *Hereditas(Beijing)*, 2005, 27(1): 65–69.
- [15] 张微, 张索坤, 魏国生, 等. 不同比例民猪血统的生长肥育猪生产性能和胴体特性研究[J]. *东北农业大学学报*, 2012, 43(12): 10–15.
- [16] ZHANG W, ZHANG S K, WEI G S, et al. Performance and carcass characteristics of Min pig and its different hybrids[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2012, 43(12): 10–15.
- [17] 张伟力. 猪肉肉色与酸度测定方法[J]. *养猪*, 2002(2): 33–34.
- [18] ZHANG W L. Methods of measuring color score and acidity in pork[J]. *Swine Production*, 2002(2): 33–34.
- [19] 周波, 黄瑞华, 曲亮, 等. 色差仪和肉色板在猪肉肉

- 色评定中的应用[J]. 江苏农业科学, 2007, 35(2): 121-124.
- ZHOU B, HUANG R H, QU L, et al. Application of colorimeter and color board in evaluation of meat color in pigs[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2007, 35(2): 121-124.
- [14] LAWRIE R A. Meat Science[M]. 6th ed. Oxford: Pergamon Press, 2002.
- [15] DEVOL D L, MCKEITH F K, BECHTEL P J, et al. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses[J]. Journal of Animal Science, 1988, 66(2): 385-395.
- [16] 郭建凤, 孙延晓, 刘畅, 等. 巴克夏与鲁莱黑猪杂种猪胴体性能及肉品质测定[J]. 养猪, 2016(5): 67-68.
- GUO J F, SUN Y X, LIU C, et al. Carcass performance and meat qualities testing of Berkshire and Lulai black pigs hybrid[J]. Swine Production, 2016(5): 67-68.
- [17] 李龙云, 肖石军, 黄黎斌, 等. 巴克夏和里岔黑猪不同杂交组合生产性能的比较研究[J]. 畜牧兽医学报, 2018, 49(1): 26-35.
- LI L Y, XIAO S J, HUANG L B, et al. Comparative studies on productive performances among different cross combinations of Berkshire and Licha black pig[J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2018, 49(1): 26-35.
- [18] LAKSHMANAN S, KOCH T, BRAND S, et al. Prediction of the intramuscular fat content in loin muscle of pig carcasses by quantitative time-resolved ultrasound[J]. Meat Science, 2012, 90(1): 216-225.
- [19] 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.
- [20] CAMERON N D, ENSER M B, NUTE G R, et al. Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat[J]. Meat Science, 2000, 55(2): 187-195.
- [21] 吴妹英, 曹长贤, 张力, 等. 不同品种猪肌肉脂肪酸和氨基酸含量[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2009, 38(2): 166-170.
- WU M Y, CAO C X, ZHANG L, et al. Contents of fatty acid and amino acid in the muscles of several varieties of pigs[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University(Natural Science Edition), 2009, 38(2): 166-170.
- [22] 宋倩倩, 张金枝, 刘健, 等. 不同品种猪肉质性状和脂肪酸含量的研究[J]. 家畜生态学报, 2018, 39(2): 24-28.
- SONG Q Q, ZHANG J Z, LIU J, et al. Study on the meat quality and fatty acid of longissimus muscle in different breeds of pigs[J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2018, 39(2): 24-28.
- [23] 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 & Veterinary Medicine, 2016, 43(9): 2317-2325.
- [24] 朱吉, 刘建, 孙建帮, 等. 湖南黑猪 *CMY45* 基因与肌肉品质的相关性分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2012, 38(1): 64-68.
- ZHU J, LIU J, SUN J B, et al. Association analysis between *CMY45* gene and meat quality traits in Hunan black pig[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2012, 38(1): 64-68.
- [25] 朱砾, 李学伟, 帅素容, 等. 大河猪与大河乌猪的肌肉营养成分分析[J]. 中国畜牧杂志, 2008, 44(7): 6-9.
- ZHU L, LI X W, SHUAI S R, et al. Analysis of nutritional composition of longissimus dorsi muscle in Dahe and Dahewu pigs[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2008, 44(7): 6-9.
- [26] 杨公社, 高整团, 刘艳芬, 等. 八眉猪肉脂品质研究[J]. 中国农业科学, 1994, 27(5): 63-68.
- YANG G S, GAO Z T, LIU Y F, et al. Studies on the meat quality of Bamei pigs[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1994, 27(5): 63-68.
- [27] 宋倩倩, 张金枝, 刘健, 等. 不同品种猪背最长肌风味物质的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(19): 9-12.
- SONG Q Q, ZHANG J Z, LIU J, et al. Studies on flavor compounds of longissimus dorsi muscle in different pig breeds[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2016, 52(19): 9-12.
- [28] ASPURIA P J, TAMANOI F. The Tsc/Rheb signaling pathway controls basic amino acid uptake via the cat1 permease in fission yeast[J]. Molecular Genetics and Genomics, 2008, 279(5): 441-450.
- [29] 何庆华, 孔祥峰, 吴永宁, 等. 氨基酸转运载体研究进展[J]. 氨基酸和生物资源, 2007, 29(2): 42-45, 58.
- HE Q H, KONG X F, WU Y N, et al. Research progress on amino acid transporters[J]. Amino Acids & Biotic Resources, 2007, 29(2): 42-45, 58.
- [30] SINGH N, ECKER G F. Insights into the structure, function, and ligand discovery of the large neutral amino acid transporter 1, LAT1[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2018, 19(5): 1278.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳 正