

袁娇,向胜男,刘榜,等.鄂通两头乌与通城猪肌肉中重要营养风味物质的比较[J].华中农业大学学报,2020,39(5):41-47.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2020.05.006

鄂通两头乌与通城猪肌肉中重要营养风味物质的比较

袁娇^{1,3},向胜男^{1,3},刘榜^{1,2,3,4},周翔^{1,3,4},徐三平⁵,彭中镇^{1,3},张庆德¹

1.华中农业大学动物科学技术学院,武汉 430070; 2.生猪健康养殖省部共建协同创新中心,武汉 430070;
3.华中农业大学农业动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室,武汉 430070;

4.湖北省地方猪品种改良工程技术研究中心,武汉 430070;

5.通城县农业农村局,通城 437400

摘要 为比较鄂通两头乌与通城猪肌肉营养和风味物质的差异,分别对两群体背最长肌中氨基酸、脂肪酸、肌苷酸和硫胺素4类营养风味物质进行测定和分析。结果显示:通城猪肌肉氨基酸种类齐全,16种氨基酸总量为(19.42 ± 1.31) g/100 g,必需氨基酸含量为(8.47 ± 0.98) g/100 g,主要鲜味氨基酸含量为(6.80 ± 0.46) g/100 g;脂肪酸种类丰富、营养风味价值高,饱和脂肪酸含量为43.04%±1.84%,不饱和脂肪酸含量为56.96%±1.84%,其中单不饱和脂肪酸含量为47.47%±2.63%,多不饱和脂肪酸含量为9.50%±2.50%,亚油酸含量达8.93%±2.36%。而其风味物质硫胺素和肌苷酸的值分别为(0.23 ± 0.05) mg/100 g、(3.23 ± 0.67) mg/g。鄂通两头乌肌肉中多不饱和脂肪酸($12.08\% \pm 4.72\%$)、亚油酸($11.36\% \pm 4.44\%$)和硫胺素((0.23 ± 0.05) mg/100 g)显著或极显著高于通城猪,上述其他性状与通城猪差异不显著($P > 0.05$)。以上结果表明:鄂通两头乌和通城猪的猪肉均具有高营养价值和独特风味等特点,而且鄂通两头乌除保留了通城猪肉的营养风味外,多不饱和脂肪酸、硫胺素含量更高,值得进一步开发利用。

关键词 鄂通两头乌;通城猪;氨基酸;脂肪酸;风味物质;种质特性;保种名录

中图分类号 S 828 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2020)05-0041-07

猪肉为人类提供优质蛋白质、有益脂肪酸、多种微量元素等营养物质的同时,人们也享受着猪肉所带来的别样风味。猪肉中非挥发性成分(氨基酸、肌苷酸等)受热分解为挥发性物质(酸、酯、含硫化合物等)时所散发出的浓郁肉香味便是猪肉的风味^[1],这些非挥发性成分即为风味前体物质,猪肉风味主要受到鲜味氨基酸、脂肪酸、硫胺素、肌苷酸等风味前体物质影响。

猪肉中主要含4种鲜味氨基酸(fresh amino acids, FAA),其中谷氨酸、甘氨酸能够增加肉的鲜香味,半胱氨酸和蛋氨酸组合会产生可口的肉味和酱汁味^[2]。猪肉中的单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids, MUFA),如油酸等,与猪肉嫩度、风味等性状呈现正相关^[3]。硫胺素亦即维生素B₁,受热分解产生呋喃类、噻唑类等芳香类物质,令煮后猪肉具有诱人香味^[4]。肌苷酸(inosinic acid, IMP)是一种芳香族化合物,对酸味和苦味有抑制作用,

是对肉鲜味贡献最大的物质之一^[1]。猪肉中含有人体所需的8种必需氨基酸(essential amino acid, EAA)及不同种类的脂肪酸(fatty acid, FA),其构成及含量影响着猪肉的营养价值和风味。

通城猪是第一批进入国家保种名录的品种,是“华中两头乌”的一个代表类群,肉质鲜嫩、多汁、可口,具有“威名并驾扬子鳄,高雅堪比白鳍豚,传世华中两头乌,天下极品在通城”的美称^[5];同时研究发现其对高致病性猪蓝耳病有特殊的抗病力^[6]。为了发挥通城猪抗病性和优良肉质的优势,改良其生长速度慢、瘦肉率低的不足,引进瘦肉型品种杂交创新培育鄂通两头乌新品种^[7]。本研究拟通过对通城猪和鄂通两头乌肌肉中氨基酸、脂肪酸、硫胺素和肌苷酸等营养风味物质进行测定,旨在了解通城猪肌肉营养风味特性的同时分析鄂通两头乌是否保留了通城猪的特点,为通城猪的种质特性评价和鄂通两头乌的推广利用奠定基础。

收稿日期: 2020-03-02

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(31790414)

袁娇,硕士研究生,研究方向:动物遗传育种. E-mail: yuanjiao@webmail.hzau.edu.cn

通信作者: 张庆德,高级工程师. 研究方向: 动物健康养殖. E-mail: qdzhang@mail.hzau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材 料

选取在相同的营养水平和饲养管理条件下饲养的体重在 85 kg 左右的 30 头鄂通两头乌和 29 头通城猪进行屠宰, 猪停止呼吸后 45 min 内取腰椎处背最长肌, 置于 -80 °C 冰箱中保存备用。

1.2 主要试剂与仪器设备

主要试剂: 18919-1AMP 37 种脂肪酸甲酯混标、AAS18 18 种氨基酸混标、47858 盐酸硫胺素标准品、PHR1475 肌苷酸标准品购于 Sigma 公司; 甲醇(色谱纯)、异辛烷(色谱纯)、乙二醇单甲醚(色谱纯)购于 Aladdin 公司。

主要仪器: 日立 L-8900 全自动氨基酸分析仪、岛津 GC-2010 气相色谱仪、Waters e2695 高效液相色谱仪及 Waters 2998 紫外检测器。

1.3 营养风味物质测定

1) 氨基酸测定。参考 GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》测定, 样品前处理的方法有所改进, 具体如下: 取 0.2~0.3 g 绞碎肉样于玻璃试管, 加 10~15 mL 的盐酸溶液(6 mol/L, 含乙二醇单甲醚), (110±1) °C 水解 24 h; 将水解液转出并定容至 50 mL, 取 0.5 mL 转入 10 mL 离心管, 用氮吹仪吹干; 吹干后加入 1 mL 盐酸溶液(0.02 mol/L)溶解, 用 0.22 μm 滤膜过滤至进样瓶, 待上机测定; 标准品制备方法: 用盐酸溶液(0.02 mol/L)将 18 种氨基酸混标稀释到 0.1 nmol/μL, 待测。

2) 脂肪酸测定。参考 GB/T 9695.2—2008《肉与肉制品 脂肪酸测定》测定, 样品前处理方法有所改进: 取 5 g 左右绞碎肉样, 加入 20 mL 三氯甲烷-甲醇溶液(体积比 2:1), 震荡 1 h 后静置 24 h 后离心; 分层后取三氯甲烷层氮气吹干; 称取氮气吹干后的脂肪 30~50 mg, 沸水浴 60 min, 分次加入 1、2 mL 的 14% 三氟化硼甲醇溶液; 冷却后加入 1 mL 的异辛烷和 2 mL 的饱和氯化钠溶液; 转移上清液至 2 mL 离心管中(含无水硫酸钠), 静止后移取上清液于进样瓶中, 待测。标准品制备方法: 用异辛烷将 37 种脂肪酸甲酯混标稀释至 5 mg/mL, 待测。

3) 硫胺素测定。参考 GB/T 9695.27—2008《肉与肉制品 维生素 B₁ 含量测定》采用荧光法进行测定。称取 4~6 g 绞碎肉样于 100 mL 锥形瓶中, 分次加入 30、20 mL 盐酸溶液(0.1 mol/L), 摆匀后沸

水浴中水解 30 min, 取出冷却至室温; 用乙酸钠溶液将 pH 调至 4.0~4.5 后加入 2 mL 混合酶溶液, 50 °C 培养箱中保温 16 h; 冷却后用盐酸溶液(0.1 mol/L)将 pH 调至 3.5, 用水定容至 100 mL; 取 5 mL 滤液, 加入 3 mL 碱性铁氰化钾溶液, 用水定容至 50 mL, 待测; 空白对照: 3 mL 氢氧化钠溶液(150 g/L)用水定容至 50 mL, 待测; 标准溶液处理: 用盐酸(0.01 mol/L)将盐酸硫胺素溶解为 0.02 mg/mL 的标准工作液并按上述步骤制备待测标准溶液。

4) 肌苷酸测定。参照文献[8]报道的方法并加以改进测定肌苷酸。具体步骤如下: 取 3~4 g 匀浆试样, 加入 20 mL 5% 高氯酸, 4 °C 振荡后离心, 重复 1 次; 上清转移至容量瓶中, 用氢氧化钠溶液调 pH 至 6.5, 超纯水定容至 50 mL, 定容后取 1 mL 用 0.45 μm 滤膜过滤至进样瓶中, 待测; 标准溶液处理: 肌苷酸标准品用超纯水梯度稀释至 0.2、0.1、0.05、0.02 mg/mL 分别取 1 mL 用 0.45 μm 滤膜过滤至进样瓶中, 待测。

1.4 统计分析

测定数据的计算结果以“平均数±标准差”表示, 利用 SPSS 22.0 中的 t 检验对各项指标进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 鄂通两头乌与通城猪肌肉中氨基酸含量

在鄂通两头乌与通城猪肌肉中均检测到 16 种氨基酸, 其中包括 7 种必需氨基酸(EAA)(Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe 和 Lys, 而肌肉中第 8 种色氨酸因方法限制无法测出)、4 种主要鲜味氨基酸(FAA)(Glu、Asp、Gly 和 Ala)和 5 种其他氨基酸, 各种氨基酸含量见表 1。鄂通两头乌与通城猪的氨基酸总量(TAA)、EAA、EAA 占 TAA 的比例、FAA、FAA 占 TAA 的比例以及各种氨基酸含量差异均不显著($P > 0.05$)。鄂通两头乌和通城猪所有 FAA 中谷氨酸(Glu)含量最高, Glu 与其他鲜味物质如肌苷酸协同作用能够增加肉的鲜味, 两群体 Glu 分别为(2.72±0.27)、(2.69±0.32) g/100 g, 分别占 FAA 的 39.31%、39.56%, 表明两群体 Glu 对鲜味的贡献是相似的。因此, 可以得出, 鄂通两头乌和通城猪背最长肌的氨基酸含量以及组成相似, 蛋白质营养价值相当, 鲜味氨基酸对肉风味的贡献也相似。

表1 鄂通两头乌与通城猪背最长肌中氨基酸含量

Table 1 Amino acid in the longissimus dorsi muscle of

Etong Two-End-Black and Tongcheng pig

g/100 g

氨基酸 Amino acid	鄂通两头乌 Etong Two-End-Black	通城猪 Tongcheng pig
天冬氨酸 Asp	2.03±0.18	2.00±0.12
苏氨酸 Thr	1.25±0.27	1.23±0.31
丝氨酸 Ser	0.82±0.18	0.84±0.05
谷氨酸 Glu	2.72±0.27	2.69±0.32
甘氨酸 Gly	0.93±0.08	0.90±0.06
丙氨酸 Ala	1.25±0.13	1.22±0.08
胱氨酸 Cys	0.18±0.09	0.17±0.08
缬氨酸 Val	1.03±0.20	1.01±0.20
蛋氨酸 Met	0.13±0.09	0.14±0.12
异亮氨酸 Ile	1.00±0.19	0.98±0.19
亮氨酸 Leu	1.92±0.19	1.87±0.14
酪氨酸 Tyr	0.71±0.07	0.71±0.08
苯丙氨酸 Phe	1.01±0.14	0.99±0.13
赖氨酸 Lys	2.34±0.29	2.25±0.24
组氨酸 His	1.13±0.13	1.08±0.11
精氨酸 Arg	1.37±0.11	1.34±0.09
氨基酸总量 TAA	19.81±1.78	19.42±1.31
必需氨基酸 EAA	8.68±1.08	8.47±0.98
鲜味氨基酸 FAA	6.92±0.59	6.80±0.46
必需氨基酸占比/% EAA/TAA	43.73±2.46	43.55±2.69
鲜味氨基酸占比/% FAA/TAA	35.02±2.13	35.11±2.54

2.2 鄂通两头乌与通城猪肌肉中脂肪酸含量

在鄂通两头乌和通城猪肌肉中均检测出11种脂肪酸,包括4种饱和脂肪酸(saturated fatty acid,SFA)——C14:0、C16:0、C18:0、C23:0和7种不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid, UFA)——C16:1、C18:1、C20:1、C22:1、C18:2、C20:2、C20:3,各脂肪酸含量见表2。通城猪与鄂通两头乌SFA、UFA、单不饱和脂肪酸(C16:1、C18:1、C20:1、C22:1)差异均不显著($P>0.05$),鄂通两头乌肌肉中多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA)(C18:2、C20:2、C20:3)极显著($P<0.01$)高于通城猪,分别为12.08%±4.72%、9.50%±2.50%,PUFA中检测到1种必需脂肪酸——亚油酸(C18:2),鄂通两头乌的C18:2含量(11.36%±4.44%)极显著高于通城猪($P<0.01$),通城猪肌肉中C18:2含量为8.93%±2.36%,高于金华猪、沙子岭猪等地方猪种的C18:2含量^[9-10]。由此表明,两品种肌肉脂肪酸种类丰富,高亚油酸是两品种脂肪酸营养的重要特性,鄂通两头乌肌肉中必需脂肪酸的含量较通城猪更高,脂肪酸营养价值更优。

表2 鄂通两头乌与通城猪背最长肌中脂肪酸含量

Table 2 Fatty acid in the longissimus dorsi muscle of Etong Two-End-Black and Tongcheng pig

%

脂肪酸种类 Sort of fatty acid	缩写 Abbreviation	鄂通两头乌 Etong Two-End-Black	通城猪 Tongcheng pig	显著水平 Significance
肉豆蔻酸 Myristic acid	C14:0	1.16±0.18	1.27±0.16	*
棕榈酸 Palmitic acid	C16:0	27.64±1.21	28.77±1.29	**
棕榈油酸 Palmitoleic	C16:1	3.29±0.70	3.59±0.82	ns
硬脂酸 Stearic acid	C18:0	11.50±1.38	11.78±1.26	ns
油酸 Oleic acid	C18:1n9	42.44±4.44	43.08±2.40	ns
亚油酸 Linoleic acid	C18:2n6	11.36±4.44	8.93±2.36	**
二十碳一烯酸 Eicosenoic acid	C20:1	0.58±0.13	0.58±0.08	ns
二十碳二烯酸 Eicosadienoic acid	C20:2	0.49±0.61	0.37±0.11	ns
顺8,11,14-二十碳三烯酸 cis-8,11,14 Eicosatrienoic acid	C20:3n6	0.25±0.11	0.20±0.08	*
芥酸 Erucic acid	C22:1n9	0.31±0.19	0.22±0.15	*
二十三碳酸 Tricarbonate	C23:0	2.13±0.88	1.21±0.58	**
饱和脂肪酸 Saturated fatty acid	SFA	42.43±1.57	43.04±1.84	ns
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid	UFA	58.70±5.76	56.96±1.84	ns
单不饱和脂肪酸 Monounsaturated fatty acids	MUFA	46.62±4.68	47.47±2.63	ns
多不饱和脂肪酸 Polyunsaturated fatty acids	PUFA	12.08±4.72	9.50±2.50	**

注:“ns”表示差异不显著($P>0.05$);“*”表示差异显著($P<0.05$);“**”表示差异极显著($P<0.01$)。Note: “ns” means no significant difference ($P>0.05$); “*” means significant difference ($P < 0.05$); “**” means extremely significant ($P < 0.01$).

2.3 鄂通两头乌与通城猪肌肉中硫胺素和肌苷酸含量

通城猪硫胺素含量为 (0.23 ± 0.05) mg/100 g, 范围在 $0.14 \sim 0.35$ mg/100 g, 高于我国地方猪种藏猪((0.21 ± 0.03) mg/100 g)等的硫胺素含量^[11]。鄂通两头乌肌肉中的硫胺素含量为 (0.25 ± 0.05) mg/100 g, 范围在 $0.19 \sim 0.40$ mg/100 g, 显著高于通城猪($P < 0.05$), 同时高于川藏黑猪配套系(0.17 mg/100 g)以及杜长大商品猪(0.13 mg/100 g)^[12]的硫胺素含量。综上, 两品种猪肉含有丰富的硫胺素, 鄂通两头乌硫胺素对猪肉的风味贡献更大。

通城猪肌苷酸(IMP)为 (3.23 ± 0.67) mg/g, 范围在 $1.19 \sim 4.13$ mg/g, 高于其他地方品种如小梅山猪((2.08 ± 0.27) mg/g)的IMP含量^[13]。鄂通两头乌最长肌中的IMP含量为 (3.20 ± 0.56) mg/g, 范围在 $1.65 \sim 3.98$ mg/g, 与通城猪差异不显著($P > 0.05$), 对风味的贡献优于培育品种鲁烟白猪((2.31 ± 0.70) mg/g)^[14]以及杜长大商品猪(1.09~1.36 mg/g)^[15]。

3 讨 论

3.1 鄂通两头乌、通城猪与其他品种肌肉中氨基酸含量的比较

猪肉中蛋白质的营养价值取决于各氨基酸的组成和含量, 特别是必需氨基酸(EAA)。本试验中通城猪氨基酸种类丰富, 16种氨基酸的总量为19.42 g/100 g, 比荣昌猪和莱芜猪等地方品种的氨基酸总量(TAA)更高^[16-17], 丰富的EAA是通城猪肌肉的氨基酸营养的重要特性, 其EAA含量高于荣昌猪和莱芜猪等地方品种^[16-17]。EAA占比也高于莱芜猪等地方品种^[17]。鲜味氨基酸(FAA)是肌肉烹饪时产生肉鲜香味的重要物质之一, 通城猪的FAA含量比姜曲海猪等地方猪种的FAA更高^[18], 高FAA是通城猪肉质鲜美的重要原因; 谷氨酸(Glu)是对鲜味贡献最大的氨基酸, 其能够与核苷酸反应使肉品鲜味更浓郁, 本研究中通城猪的Glu含量高于荣昌猪等地方品种^[16]。

鄂通两头鸟的TAA、EAA以及EAA占比与通城猪相似, 对肌肉营养的贡献优于我国培育品种苏姜猪以及杜长大三元杂交猪^[18]。鄂通两头鸟的FAA和Glu对肌肉风味的贡献保留了通城猪特点,

且优于培育品种苏姜猪以及杜长大三元杂交猪^[18]。

因此, 从TAA和EAA角度分析, 通城猪具有非常高的氨基酸、蛋白质营养价值, 鄂通两头乌保留了其氨基酸营养特性。从FAA角度分析, 高FAA、高谷氨酸是通城猪肌肉的风味特性, 鄂通两头乌保留了其风味特性, 为“肉鲜味美”提供了重要的物质基础。两品种必需氨基酸种类齐全, 鲜味氨基酸丰富、有较高的营养价值及鲜浓的肉味。

3.2 鄂通两头乌、通城猪与其他品种肌肉中脂肪酸含量的比较

脂肪酸是人体重要的能量来源, 能够直接影响猪肉营养价值的同时在肉风味中也起到重要作用^[19]。多不饱和脂肪酸(PUFA)能够调节人体的脂质代谢、治疗以及预防心血管疾病^[20]。PUFA含量在不同品种间存在显著差异^[21-22], 通城猪的PUFA总量达9.50%, 高于沙子岭猪(7.44%±2.44%)等地方猪种^[9]。PUFA中的亚油酸(C18:2n6)是两群体唯一检测到的一种必需脂肪酸, 亚油酸是n6脂肪酸从头合成的前体, 能够降低血液中低密度脂蛋白和胆固醇含量从而降低心血管疾病患病率, 有益于人体健康^[23-24]。通城猪肌肉的亚油酸含量高达8.93%, 显著高于金华猪(3.65%±0.11%)、沙子岭猪(5.52%±1.73%)等地方猪种^[9-10]。猪肉中的单不饱和脂肪酸(MUFA)与嫩度、多汁性、风味品质呈正相关^[3], 通城猪MUFA达47.47%, 比宁乡猪(39.47%±0.47%)^[25]等地方猪种更高, 通城猪的肌肉MUFA沉积能力更强, 为其鲜美肉品奠定了基础。鄂通两头鸟的PUFA以及亚油酸的沉积能力更优于通城猪, 高亚油酸是两品种脂肪酸营养的重要特性, 鄂通两头鸟MUFA对营养风味的贡献与通城猪相似。脂肪酸是复杂性状, 大多具有高遗传力, 如亚油酸遗传力约为0.58^[26], 与脂肪酸组成显著相关的基因还有待挖掘。除遗传因素外, 脂肪酸组成还受到饲料营养水平、屠宰条件(屠宰日龄、屠宰体重)等因素的影响^[22], 本研究中两品种除屠宰日龄略有差异外其他条件一致, 屠宰日龄也可能是不同脂肪酸含量存在差异的因素。

因此, 从脂肪酸含量角度分析, 通城猪肉质鲜美, 风味颇佳, 具有高水平的PUFA、亚油酸和MUFA含量, 鄂通两头鸟保留了其脂肪酸的营养价值以及风味特性, 具有更强的亚油酸沉积能力, 是其

特有的营养风味特性之一,这为鄂通两头乌的推广利用提供了强有力的依据。

3.3 鄂通两头乌与通城猪肌肉中的硫胺素和肌苷酸含量的比较

硫胺素和肌苷酸是猪肉重要的风味前体物质。硫胺素热分解产物使得肉具有肉香、烤肉香、焦香和坚果香等风味,硫胺素在品种间存在显著差异,本研究中通城猪硫胺素含量(0.23 mg/100 g)丰富,高于我国地方猪种藏猪(0.17 mg/100 g)^[11],对其肌肉风味有重要贡献。鄂通两头乌硫胺素(0.25 mg/100 g)对肉鲜香味的贡献优于通城猪,优于川藏黑猪配套系(0.17 mg/100 g)以及杜长大商品猪(0.13 mg/100 g)^[12],高含量的硫胺素是鄂通两头乌猪肉的风味特点。肌苷酸(IMP)及其降解产物是猪肉鲜味的主要成分,是肉鲜味的物质基础之一。通城猪IMP含量(3.23 mg/g)高于小梅山猪(2.08±0.27 mg/g)^[13]等地方猪种,鄂通两头乌肌苷酸(3.20 mg/g)对肉鲜香味的贡献是相似的,且均高于培育品种鲁烟白猪和杜长大商品猪^[14-15]。

因此,从硫胺素和IMP角度分析,硫胺素和IMP丰富是通城猪肉质鲜美、优质风味的基础,鄂通两头乌肌肉保留了通城猪的风味的同时,硫胺素对肌肉风味贡献更大。目前对猪肉中硫胺素和肌苷酸的遗传机制报道较少,利用硫胺素、肌苷酸含量高的鄂通两头乌和通城猪为研究对象,进一步开展遗传基础研究,挖掘相关的候选基因,可为高风味物质的分子育种及鄂通两头乌推广利用奠定基础。

本研究通过测定通城猪和鄂通两头乌背最长肌的4类营养风味物质,发现通城猪肌肉高水平的氨基酸、脂肪酸是通城猪重要的营养特性,富含鲜味氨基酸、单不饱和脂肪酸、硫胺素和肌苷酸是其重要的肉品风味特性,鄂通两头乌保留了通城猪的营养风味的同时略有提高。

参考文献 References

- [1] KHAN M I, JO C, TARIQ M R. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors: a systematic review[J]. Meat science, 2015, 110(11): 278-284.
- [2] 武彦文,欧阳杰.氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J].中国调味品,2001(1):21-24. WU Y W, OUYANG J. The taste effect of amino acids and peptides in food[J]. China condiment, 2001 (1): 21-24(in Chinese).
- [3] CAMERON N D, ENSER M, 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.
- [4] CERNY C. The aroma side of the maillard reaction[J]. Annals of the New York academy of sciences, 2008, 1126(1): 66-71.
- [5] 许振英.中国地方猪种种质特性[M].杭州:浙江科学技术出版社,1989. XU Z Y. Germplasm characteristics of chinese indigenous pig breeds[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press(in Chinese).
- [6] 刘榜.通城猪抗蓝耳病的遗传基础研究进展[J].现代牧业,2017,1(1):9-13. LIU B. Research progress on the genetic basis of Tongcheng pigs against PRRS[J]. Modern animal husbandry, 2017, 1(1): 9-13(in Chinese with English abstract).
- [7] 付明,徐三平,吴平波,等.通城猪与鄂通两头乌生长、胴体、肉质性状及血液生理生化指标的比较分析[J].华中农业大学学报,2020,39(5):35-40. FU M, XU S P, WU P B, et al. Comparative analysis of growth, carcass, meat quality traits and blood physiological and biochemical indexes of etong two-end-black and tongcheng pigs[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2020, 39(5): 35-40(in Chinese with English abstract).
- [8] 王卫,李翔,龚建军,等. HPLC法测定不同选育猪肉中肌苷酸的含量[J].食品工业,2016,37(5):295-298. WANG W, LI X, GONG J J, et al. Study on the content of IMP of breeding pork by HPLC[J]. The food industry, 2016, 37(5): 295-298(in Chinese with English abstract).
- [9] 张兴,吴买生,向拥军,等.沙子岭猪与巴沙猪肉质特性的比较研究[J].中国猪业,2016,11(12):63-67. ZHANG X, WU M S, XIANG Y J, et al. Comparative study on meat quality characteristics of Shaziling pig and Basha pig [J]. China swine industry, 2016, 11(12): 63-67(in Chinese).
- [10] 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]. Journal of domestic animal ecology, 2018, 39(2): 24-28(in Chinese with English abstract).
- [11] 杨雪梅,顾以韧,梁艳,等.miR-1、miR-27a、miR-369 和 miR-378 在7个地方猪种背最长肌中的表达与肉质性状的关系研究[J].中国畜牧杂志,2018,54(2):30-34. YANG X M, GU Y R, LIANG Y, et al. Expression of miR-1, miR-27a, miR-369 and miR-378 in longissimus dorsi of 7 local pig breeds and their relationship with meat quality traits[J]. Chinese journal of animal science, 2018, 54(2): 30-34(in Chinese).
- [12] 顾以韧,梁艳,杨雪梅,等.川藏黑猪和DLY猪肌肉中硫胺素沉积规律研究[J].西南农业学报,2015,28(6):2829-2831. GU Y R, LIANG Y, YANG X M, et al. Study on deposition law of thiamine in the muscles of Chuanzang black pig and DLY pig[J]. Southwest agricultural science, 2015, 28(6): 2829-2831(in Chinese).

- amine in longissimus dorsi muscle of two pig breeds [J]. Southwest China journal of agricultural sciences, 2015, 28(6): 2829-2831(in Chinese with English abstract).
- [13] 陶涌, 刘宗华, 张牧, 等. 不同组合猪肌肉肌苷酸含量的分析 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2001(10): 17. TAO Y, LIU Z H, ZHANG M, et al. Analysis of inosinic acid content in muscle of different combinations of pigs [J]. Heilongjiang animal science and veterinary medicine, 2001(10): 17(in Chinese).
- [14] 呼红梅, 郭建凤, 朱荣生, 等. 不同品种猪背最长肌肌苷酸和肌内脂肪含量的比较 [J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2011, 32(3): 34-36. HU H M, GUO J F, ZHU R S, et al. Comparison of inosinic acid and intramuscular fat content in longissimus dorsi muscle of different breeds of pigs [J]. Journal of Yangzhou University (agricultural and life science edition), 2011, 32(3): 34-36(in Chinese).
- [15] 袁亚利, 李蛟龙, 张卫辉, 等. 免疫去势和手术去势方法对猪肉中氨基酸、肌苷酸和脂肪酸含量的影响 [J]. 肉类研究, 2011, 25(6): 5-8. YUAN Y L, LI J L, ZHANG W H, et al. Comparison of the effects of two different castration methods on the contents of amino acids, inosine monophosphate and fatty acids in pork [J]. Meat research, 2011, 25(6): 5-8(in Chinese with English abstract).
- [16] 章杰, 罗宗刚, 陈磊, 等. 荣昌猪和杜洛克猪肉质及营养价值的比较分析 [J]. 食品科学, 2015, 36(24): 127-130. ZHANG J, LUO Z G, CHEN L, et al. Comparative analysis of meat quality and nutritive value between rongchang and duroc pigs [J]. Food science, 2015, 36(24): 127-130 (in Chinese with English abstract).
- [17] 郭建凤, 沈彦峰, 王彦平, 等. 莱芜猪与长白猪杂交后代猪胴体性能及肉品质研究 [J]. 养猪, 2016(4): 60-62. GUO J F, SHEN Y F, WANG Y P, et al. Study on carcass performance and meat qualities of progenies of laiwu pigs and landrace pigs [J]. Swine production, 2016(4): 60-62(in Chinese with English abstract).
- [18] 朱淑斌, 赵旭庭, 周春宝, 等. 姜曲海猪肉营养成分组成及风味物质的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2013, 49(15): 16-19. ZHU S B, ZHAO X T, ZHOU C B, et al. Study on nutritional components and flavor compounds of Jiangquhai pork [J]. Chinese journal of animal science, 2013, 49(15): 16-19(in Chinese).
- [19] LORENZO J M, DOMÍNGUEZ R. Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure [J]. Flavour and fragrance journal, 2014, 29(4): 240-248.
- [20] 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.
- [21] ZHANG Y, ZHANG J, GONG H, et al. Genetic correlation of fatty acid composition with growth, carcass, fat deposition and meat quality traits based on GWAS data in six pig populations [J]. Meat science, 2019, 150(1): 47-55.
- [22] WOOD J D, ENSER M, FISHER A V, et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review [J]. Meat science, 2008, 78(4): 343-358.
- [23] JIMÉNEZ-COLMENERO F, VENTANAS J, TOLDRÁ F. Nutritional composition of dry-cured ham and its role in a healthy diet [J]. Meat science, 2010, 84(4): 585-593.
- [24] ALONSO V, MUELA E, GUTIÉRREZ B. The inclusion of Duroc breed in maternal line affects pork quality and fatty acid profile [J]. Meat science, 2015, 107(1): 49-56.
- [25] 秦龙山, 邢月腾, 张杨, 等. 半胱胺对宁乡猪胴体性状和肉品质的影响 [J]. 动物营养学报, 2017, 29(9): 3325-3330. QIN L S, XING Y T, ZHANG Y, et al. Effects of cysteamine on carcass traits and meat quality of Ningxiang pigs [J]. Chinese journal of animal nutrition, 2017, 29(9): 3325-3330(in Chinese with English abstract).
- [26] ROTHSCHILD M F, RUVINSKY A. The genetics of the pig [M]. [S.l.: s.n.], 2011.

Comparison of important nutrition and flavor compounds in muscle between Etong Two-End-Black and Tongcheng pigs

YUAN Jiao^{1,3}, XIANG Shengnan^{1,3}, LIU Bang^{1,2,3,4}, ZHOU Xiang^{1,3,4},
XU Sanping⁵, PENG Zhongzhen^{1,3}, ZHANG Qingde¹

1. College of Animal Sciences & Technology in Huazhong Agricultural University,
Wuhan 430070, China;

2. Key Laboratory of Agricultural Animal Genetics, Breeding and Reproduction,
Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. The Cooperative Innovation Center for Sustainable Pig Production, Wuhan 430070, China;

4. The Engineering Technology Research Center of Hubei Province Local Pig
Breed Improvement, Wuhan 430070, China;

5. Tongcheng Agricultural and Rural Bureau, Tongcheng 437400, China

Abstract Tongcheng pig is the first batch of breeds to be listed on the national protection list of livestock and poultry breeds. It is a representative breed of “Huazhong Two-End-Black pig” and the meat of it tastes delicious, tender and succulent. At the same time, it is found that Tongcheng pig has special resistance to High pathogenic Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome virus. In order to retain the advantages of disease resistance and meat quality, and improve the deficiency of slow growth and low lean ratio of Tongcheng pigs, Etong Two-End-Black was cross bred by introducing lean meat varieties. To compare the differences between Etong Two-End-Black and Tongcheng pig in nutrition and flavor compounds, amino acids, fatty acids, inosine acids and thiamine in the longissimus dorsi muscle of 30 Etong Two-End-Black and 29 Tongcheng pig were measured. The results showed that there were various kinds of amino acids in the Tongcheng pig muscle, the total content of 16 kinds of amino acids was (19.42 ± 1.31) g/100 g, the content of essential amino acid (EAA) was (8.47 ± 0.98) g/100 g, and the content of fresh amino acid (FAA) was (6.80 ± 0.46) g/100 g. Tongcheng pig was rich in fatty acids and had high nutritional flavor value, the content of saturated fatty acid was $43.04\% \pm 1.84\%$, the content of unsaturated fatty acid was $56.96\% \pm 1.84\%$, in which the content of monounsaturated fatty acid (MUFA) was $47.47\% \pm 2.63\%$ and the content of polyunsaturated fatty acid (PUFA) was $9.50\% \pm 2.50\%$, and the content of linoleic acid was $8.93\% \pm 2.36\%$. The content of flavor compounds, thiamine was 0.23 ± 0.05 mg/100 g and inosinic acid was (3.23 ± 0.67) mg/g, which were the material basis of Tongcheng meat quality and taste. The content of PUFA ($12.08\% \pm 4.72\%$), linoleic acid ($11.36\% \pm 4.44\%$) and thiamine ((0.23 ± 0.05) mg/100 g) in Etong Two-End-Black were significantly or extremely significantly higher than those of Tongcheng, and the above other traits were not significantly different from Tongcheng pigs ($P > 0.05$). The above results showed that the pork of the two breeds had the characteristics of high nutritional value and unique flavor, Etong Two-End-Black pig not only retain the nutritional and flavor of Tongcheng pig, but had higher contents of PUFA and thiamine, which is worthy of further development and utilization.

Keywords Etong Two-End-Black pig; Tongcheng pig; amino acid; fatty acid; flavor compounds; germplasm characteristics; protection list of breeds

(责任编辑:边书京)