

苗志国,魏攀鹏,柳东阳,等. 南阳黑猪与长白猪肉品质差异的机制研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):215-217.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.048

# 南阳黑猪与长白猪肉品质差异的机制研究

苗志国,魏攀鹏,柳东阳,张金洲,刘洋,朱建静,郭丽萍

(河南科技学院动物科技学院/食品学院,河南新乡 453003)

**摘要:**选取 180 日龄南阳黑猪与长白猪各 6 头,总计 12 头,分别进行屠宰试验,用于测定 2 个品种猪背最长肌中脂肪酸合成酶(FAS)、激素敏感脂肪酶(HSL)、脂蛋白脂酶(LPL)和肉碱棕榈酰转移酶 I (CPT-I) 的活性差异,旨在阐明 2 个品种猪肉品质形成的差异机制。结果表明,与长白猪相比,南阳黑猪具有较低的 HSL 酶活性,而 FAS、CPT-I 和 LPL 酶活性及 FAS/HSL 比值则显著性高于长白猪( $P < 0.05$ )。表明南阳黑猪优良肉品质的形成与肌肉组织中脂肪代谢相关酶活性间存在重要相关性。

**关键词:**南猪黑猪;长白猪;肉品质;差异;机制

**中图分类号:**TS251.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2019)11-0215-02

脂肪组织的分布与沉积是影响猪肉品质的关键因素<sup>[1]</sup>。肌肉脂肪含量可改善猪肉的嫩度、大理石花纹、多汁性和风味,有利于人类健康<sup>[2-4]</sup>。有研究表明,动物体内脂肪沉积处于脂肪分解与合成间的动态平衡过程,脂肪酸合成酶(FAS)在脂肪沉积过程中起关键作用,而激素敏感脂肪酶(HSL)则在动物脂肪水解过程中发挥重要功能,两者是脂肪合成代谢的限速酶<sup>[5-6]</sup>。此外,脂肪沉积过程包括脂肪细胞数量增加和脂肪细胞体积增大两方面作用。脂蛋白脂酶(LPL)是决定脂肪细胞大小的重要因素,并与肥胖之间存在正相关;肉碱棕榈酰转移酶 I (CPT-I) 在催化长链脂酰-CoA 与肉碱形成脂酰肉碱方面发挥重要作用,同时也是脂肪酸参与 $\beta$ -氧化过程中重要的限速酶<sup>[7]</sup>。有研究发现,南阳黑猪与长白猪的肉品质间存在显著差异,然而有关其形成机制报道较少,特别是从脂肪沉积相关酶活性的层面上。故本试验以南阳黑猪与长白猪为试验材料,通过研究其背最长肌中 FAS、HSL、CPT-I 和 LPL 酶活性特点,旨在阐明 2 品种猪肉品质差异形成的机制。

## 1.1 试验动物

180 日龄南阳黑猪与长白猪各 6 头,共 12 头。

## 1.2 屠宰试验与时间

选取 180 日龄南阳黑猪与长白猪各 6 头,共 12 头,用于屠宰试验。屠宰前禁食 24 h,自由饮水。屠宰后将猪劈成左右两半,取左半胴体进行试验样品的采集与分析。试验于 2017 年 6 月 10 日进行,试验地点为河南省伊川县新大牧业发展有限公司。

收稿日期:2018-02-01

基金项目:国家自然科学基金(编号:31572417);河南省教育厅高校青年骨干教师资助项目(编号:2013GGJS-137)。

作者简介:苗志国(1977—),男,河南安阳人,博士,副教授,主要从事动物营养与肉品质调控研究。E-mail: miaozhiguo2000@sohu.com。

通信作者:郭丽萍,硕士,讲师,主要从事肉品加工及贮藏研究。

E-mail: lipingguo1982@126.com。

## 1.3 样品采集与保存

试验猪屠宰后,选取其左半胴体第 10 根肋骨处作为取样部位,取背最长肌组织样品约 100 g,用液氮冷冻后,迅速将其装入塑料袋中,转移到 -70℃ 超低温冰箱中冷冻保存,以进一步分析肌肉中脂肪代谢相关酶的活性用。

## 1.4 脂肪代谢相关酶活性的测定

猪背最长肌中 HSL 活性参照金宗濂等<sup>[8]</sup>与黄其春的方法<sup>[9]</sup>进行测定,FAS 参照前期学者的方法<sup>[10]</sup>进行测定,CPT-I 活性参照黄其春<sup>[9]</sup>和 Bieber 等<sup>[11]</sup>的方法进行测定,LPL 活性参照黄其春的方法<sup>[9]</sup>进行测定。

## 1.5 统计分析

试验数据均以“平均数±标准差”表示,试验数据统计分析采用 SPSS 14.0 软件进行, $P < 0.05$  表示组间有显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 南阳黑猪与长白猪背最长肌中 HSL 与 FAS 酶活性的差异分析

南阳黑猪与长白猪背最长肌中 HSL 和 FAS 酶活性及 FAS/HSL 比值的差异结果见图 1 至图 3。由图 1 至图 3 可知,与长白猪相对,南阳黑猪背最长肌中 HSL 酶活性显著性降低了 61.01% ( $P < 0.05$ ),而 FAS 酶活性以及 FAS/HSL 比值则分别显著性升高了 64.39% ( $P < 0.05$ ) 和 3.22 倍 ( $P < 0.05$ )。

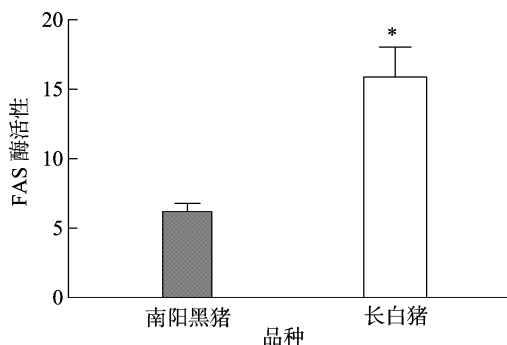


图1 南阳黑猪与长白猪背最长肌中 HSL 酶活性差异

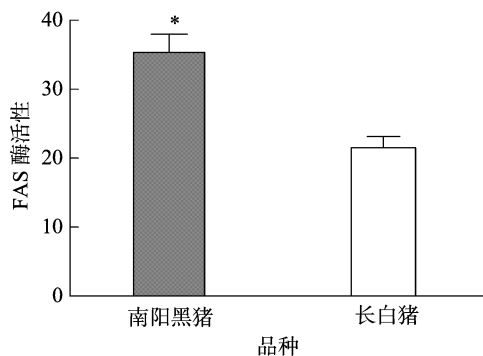


图2 南阳黑猪与长白猪背最长肌中FAS酶活性差异

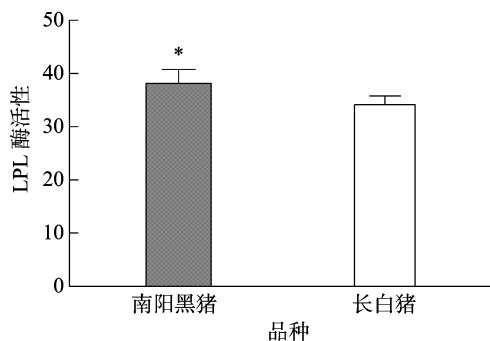


图5 南阳黑猪与长白猪背最长肌中 LPL 酶活性的差异

背最长肌组织中含有较高的 FAS 和较低的 HSL 酶活性,此外含有较高的 FAS/HSL 活性比值,表明南阳黑猪背最长肌中因具有较高的 FAS、FAS/HSL 以及较低的 HSL 活性而沉积较多的肌内脂肪数量,为其优良的肉品质风味与香味物质的产生提供了前期理论基础。此结果与南阳猪具有较高的肌内脂肪含量和胴体脂肪率的结果相一致。

LPL 是决定脂肪细胞大小的重要因素,而且 LPL 活性与肥胖之间存在正相关关系。LPL 的主要作用是将外周血液中的脂类代谢产物(主要是甘油三酯)进一步分解成甘油和脂肪酸,为相关组织提供合成甘油三酯所需要的原料,对脂肪沉积起着重要的调控作用<sup>[15]</sup>。长链脂酰-CoA 进入线粒体时需要借助肉碱作为载体,而肉碱可与肉碱脂酰转移酶结合后,被转运到线粒体,而后在线粒体基质中进行长链脂肪酸的 $\beta$ -氧化过程。黄其春等研究发现,甜菜碱可能降低猪肌肉中 CPT-I 的活性,从而降低肌内脂肪的合成过程。本试验结果表明,长白猪背最长肌中 CPT-I 活性显著低于南阳黑猪。同时,南阳黑猪背最长肌中 LPL 活性显著高于长白猪。可能由于南阳黑猪具有较高的 LPL 与 CPT-I 活性,促进了背最长肌肌内脂肪的合成过程与数量的沉积,从而导致了南阳黑猪含有较高的肌内脂肪含量。

#### 参考文献:

- [1] Anderson F, Pannier L, Pethick D W, et al. Intramuscular fat in lamb muscle and the impact of selection for improved carcass lean meat yield[J]. *Animal*, 2015, 9(6): 1081-1090.
- [2] Kouba M, Enser M, Whittington F M, et al. Effect of a high linolen in acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig[J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 81(8): 1967-1979.
- [3] Davoli R, Braglia S. Molecular approaches in pig breeding to improve meat quality[J]. *Briefings in Functional Genomic and Proteomics*, 2007, 6(4): 313-321.
- [4] 徐秋良, 吴运香, 张长兴, 等. 畜禽肉嫩度及其影响因素[J]. *家畜生态学报*, 2010, 31(6): 100-103.
- [5] Fernandez X, Monin G, Talmant A, et al. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum[J]. *Meat Science*, 1999, 53(1): 59-65.
- [6] 刘作华, 陈代文, 龙定彪, 等. 日粮能量水平对猪脂肪合成酶和激素敏感脂酶的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2009, 45(5): 31-33, 55.

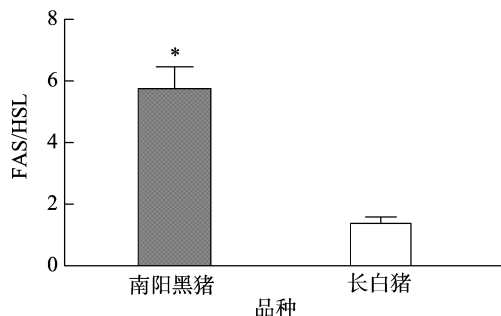


图3 南阳黑猪与长白猪背最长肌中FAS/HSL酶活性比值的差异

## 2.2 南阳黑猪与长白猪背最长肌中 CPT-I 酶活性的差异分析

南阳黑猪与长白猪背最长肌中肉毒碱转移酶 I 活性结果见图 4。由图 4 可知,南阳黑猪 CPT-I 酶活性显著性高于长白猪,其升高的比例为 64.54% ( $P < 0.05$ )。

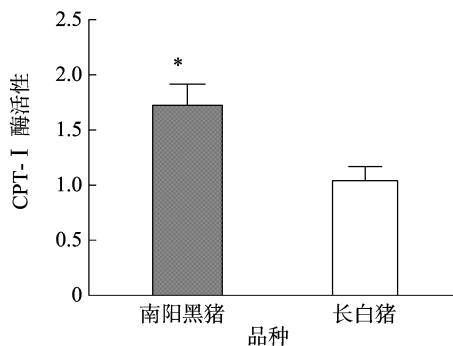


图4 南阳黑猪与长白猪背最长肌中 CPT-I 酶活性的差异

## 2.2 南阳黑猪与长白猪背最长肌中 LPL 酶活性的差异分析

由图 5 可知,与长白猪相比,南阳黑猪背最长肌中 LPL 活性显著性升高,其升高的比例达到了 11.73% ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

肌内脂肪含量及组成与猪肉品质之间存在相关性。肌内脂肪主要影响了猪肉的风味、嫩度、口感、多汁性和剪切力等肉质相关指标<sup>[12-13]</sup>。当脂肪合成总量大于脂肪分解的总量时,就会表现出脂肪沉积;相反则表现为脂肪动员<sup>[14]</sup>,FAS 是参与动物体内长链脂肪酸合成的关键酶,FAS 活性升高,动物体内脂肪合成的速度就会加快,相反则脂肪合成的速度下降;HSL 的作用与 FAS 正好相反,它在动物脂肪分解动员过程中起重要作用。本试验结果发现,与长白猪相比,南阳黑猪

李丹丹,刘 蛟,王英群,等. PTD-FNK 蛋白对猪精子的冷冻保护作用及其机制[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):217-221.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.049

# PTD-FNK 蛋白对猪精子的冷冻保护作用及其机制

李丹丹<sup>1</sup>, 刘 蛟<sup>1</sup>, 王英群<sup>2</sup>, 王晓晔<sup>1</sup>, 潘天彪<sup>3</sup>, 许春荣<sup>2</sup>, 李 琦<sup>1</sup>, 唐胤晟<sup>2,4</sup>, 黄明光<sup>3</sup>, 胡传活<sup>1</sup>

(1. 广西大学动物科技学院, 广西南宁 530005; 2. 广西壮族自治区畜禽品种改良站, 广西南宁 530001;

3. 广西壮族自治区畜牧研究所, 广西南宁 530001; 4. 广西科达畜禽改良有限责任公司, 广西南宁 530001)

**摘要:**为评估 PTD-FNK 蛋白对猪精子冻后质量的影响,以探讨其可能的作用机制。在猪精液冷冻稀释液中添加不同浓度(0、0.1、1、10、100 nmol/L)的 PTD-FNK 蛋白,采用精子图像分析仪分析冻后猪精子的质量,使用流式细胞仪检测冻后精子 Annexin V-FITC/PI 染色后的凋亡情况,利用相对荧光定量 PCR 和多功能酶标仪检测不同凋亡途径中精子相关基因的表达量变化或含半胱氨酸的天冬氨酸蛋白水解酶(caspase)的活性和染色后线粒体 mPTP 开放性。结果表明,与对照组相比,10 nmol/L PTD-FNK 蛋白试验组猪精子冻后活性、活率和顶体完整率均显著升高( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ),凋亡率和 Bax、caspase-3、caspase-9 基因表达量、caspase-9 蛋白酶活性、mPTP 开放性均显著降低( $P < 0.05$ )。说明 PTD-FNK 可能通过线粒体内源性凋亡途径抑制冻融猪精子的凋亡。

**关键词:**PTD-FNK; 猪; 精子; 凋亡; 冷冻保护

**中图分类号:**S828.3<sup>+</sup>4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)11-0217-05

随着人工授精技术成为现代常见的辅助生殖技术,冷冻精液技术得到广泛应用,提高冷冻精液质量也就成为当今研究热点。自 1975 年起,猪精子冷冻方面的研究开始出现,近几年猪精液冷冻快速发展,技术不断提高,但在公猪育种的商业化进程中未取得相应的进展<sup>[1]</sup>,且猪冷冻精液的人工授精使用率仅约 1%。精子在液氮保存下,代谢水平低,其活力几乎处于停滞水平,解冻后能使其恢复活力而又不失去在母畜体内的受精能力。但低温冷冻对精子的损伤较大,导致精子活力降低,仅有 50% 的精子存活,而存活的精子活力不能达到人工授精标准<sup>[2]</sup>。猪精液对环境变化非常敏感<sup>[3]</sup>,技术仍

有许多急需攻克的难关,与实际生产应用仍有一定差距,所以关于改进猪精子低温保存条件,发现冷冻保存破坏精子细胞功能的机制就成为现今需要解决的问题。在人工受精的应用上,冷冻精液与新鲜精液相比,受胎率和窝产仔数都出现下降现象。因此,为提高冻后精子质量,应寻求一种更为有效的稀释液。

PTD-FNK 蛋白是人工构建的抗凋亡蛋白<sup>[4]</sup>,其对不同类型细胞(神经元、软骨细胞、肝细胞、骨髓单核细胞等)受到的多种损伤刺激都有较好的防御作用,包括保护冷冻、解冻对细胞的损伤<sup>[5]</sup>。添加 300 nmol/L PTD-FNK 蛋白是有效提高猪精子抗冻能力的方法<sup>[6]</sup>,但其蛋白产量小且用量多。故本实验室经过多重努力,成功构建并可溶性表达 PTD-FNK 蛋白,得到有生物活性的 PTD-FNK 蛋白<sup>[7]</sup>。

根据含半胱氨酸的天冬氨酸蛋白水解酶(caspase)不同激活途径,将凋亡激活途径分为 3 种,死亡受体途径(caspase-8)、线粒体途径(caspase-9)以内质网途径(caspase-12)<sup>[8]</sup>。内源性线粒体途径主要通过活化 caspase-9,进一步激活 caspase-3 而产生 caspase 的一系列级联效应;外源性死亡受体途径,影响因子主要包括 Fas 和 TNF 等,产生有活性的

收稿日期:2018-02-23

基金项目:广西科学研究与技术开发计划(编号:桂科能 1598022-2);广西畜禽品种改良站横向科技项目(编号:20140220)。

作者简介:李丹丹(1991—),女,福建晋江人,硕士研究生,研究方向为动物解剖学与组织胚胎学,E-mail:645583055@qq.com;共同第一作者:刘 蛟(1991—),男,吉林四平人,硕士研究生,研究方向为动物解剖学与组织胚胎学,E-mail:1045953663@qq.com。

通信作者:胡传活,博士,教授,研究方向为动物解剖及组织胚胎学。E-mail:hch64815@gxu.edu.cn。

[7] Etherton T D. The biology of somatotropin in adipose tissue growth and nutrient partitioning[J]. Journal of Nutrition, 2000, 130(1): 2623-2625.

[8] 金宗濂,文 镜,唐粉芬,等. 功能食品评价原理及方法[M]. 北京:北京大学出版社,1995:86-95.

[9] 黄其春. 甜菜碱对肥育猪脂肪代谢及其关键酶基因表达的影响与机理研究[D]. 杭州:浙江大学,2006:81-85.

[10] Shillabeer G, Hornford J, Forden J M, et al. Hepatic and adipose tissue lipogenic enzyme mRNA level are suppressed by high fat diets in the rat[J]. Journal of Lipid Research, 1990, 31(4): 623-631.

[11] Bieber L L, Abraham T, Helmrath T. A rapid spectrophotometric assay for carnitine palmitoyltransferase[J]. Analytical Biochemistry,

1972, 50(2): 509-518.

[12] Dodson M V, Jiang Z H, Chen J, et al. Allied industry approaches to alter intramuscular fat content and composition in beef animals[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(1): R1-R8.

[13] Tong J, Zhu M J, Underwood K R, et al. AMP-activated protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3-L1 cells[J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(6): 1296-1305.

[14] 冯 岗,孙宝忠,卢 凌,等. 肌肉脂肪与背最长肌肉质、脂肪酸组成的关系[J]. 食品工业科技, 2013, 34(10): 129-132.

[15] Mead J R, Irvine S A, Ramji D P. Lipoprotein lipase: structure, function, regulation, and role in disease[J]. Journal of Molecular Medicine, 2002, 80(12): 753-769.