

宰前应激对生猪血液生理生化指标和PSE肉的影响研究进展

曲道峰¹, 周旭¹, 林湛椰², 韩祝君³, 王洁³, 韩剑众^{1,*}

(1. 浙江工商大学食品与生物工程学院, 浙江省食品安全重点实验室, 浙江 杭州 310035;

2. 农业部兽医局, 北京 100125; 3. 浙江青莲食品股份有限公司, 浙江 嘉兴 314300)

摘要: 生猪在屠宰前要经历装卸、运输、待宰和致晕等过程, 不可避免地会发生应激反应。在应激条件下, 生猪的血液生理生化指标和肉的品质都会受到影响, 尤其影响PSE (pale, soft and exudative) 肉的发生率, 进而影响猪肉品质。本文主要综述了宰前应激 (屠宰季节、运输压力、待宰时间和致晕方式) 对生猪血液生理生化指标和PSE肉发生率的影响以及它们之间的关联, 旨在为生猪血液生理生化指标与PSE肉发生的相关性研究提供理论依据。

关键词: 生猪; 宰前应激; 血液生理生化指标; PSE肉

Progress in Research on the Effect of Pre-Slaughter Stress on Blood Biochemical Parameters and PSE Meat in Pigs

QU Daofeng¹, ZHOU Xu¹, LIN Zhanyue², HAN ZhuJun³, WANG Jie³, HAN Jianzhong^{1,*}

(1. Food Safety Key Laboratory of Zhejiang Province, School of Food Science and Biotechnology, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China; 2. Veterinary Bureau, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China;

3. Zhejiang Qinglian Food Co. Ltd., Jiaxing 314300, China)

Abstract: Pigs are unavoidably susceptible to pre-slaughter stress during loading/unloading, transportation, lairage and stunning, which will affect blood biochemical parameters and meat quality of pigs as well as the incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork. This paper summarizes the effects of pre-slaughter stress derived from seasonal temperature variations, transportation, lairage time and stunning methods on blood biochemical parameters and the incidence of PSE meat in order to provide a theoretical basis for understanding the relationship between blood biochemical parameters and the incidence of PSE meat.

Key words: pig; pre-slaughter stress; blood biochemical parameters; PSE pork

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201707011

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 07-0062-05

引文格式:

曲道峰, 周旭, 林湛椰, 等. 宰前应激对生猪血液生理生化指标和PSE肉的影响研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(7): 62-66. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201707011. <http://www.rlyj.pub>

QU Daofeng, ZHOU Xu, LIN Zhanyue, et al. Progress in research on the effect of pre-slaughter stress on blood biochemical parameters and PSE meat in pigs[J]. Meat Research, 2017, 31(7): 62-66. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201707011. <http://www.rlyj.pub>

随着养猪规模化、国内生猪屠宰厂和鲜肉流通体制的发展和变化, 困扰欧美发达国家多年的生鲜猪肉PSE (pale, soft and exudative) 问题正在我国重演, 且越来越严重。据不完全统计, 国内宰后生鲜猪肉PSE的平均发生率为15%~30%, 甚至更高, 这不但造成了严重的经济损失, 更成为影响动物性产品质量安全的一个重要因素。相较于正常猪肉, PSE肉中肌肉蛋白严

收稿日期: 2016-12-27

基金项目: 食品科学与工程浙江省重中之重一级学科开放基金项目 (JYTsp20141051)

作者简介: 曲道峰 (1983—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为肉品品质及其控制。E-mail: daofeng@zjsu.edu.cn

*通信作者: 韩剑众 (1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品品质及其控制。E-mail: jianzhonghan1@163.com

重变性, 汁液流失严重, 其营养价值、食用风味和商品价值均有不同程度的下降。PSE肉主要由宰前应激引起, 导致宰前应激的因素有生猪品种、年龄、饲养密度、入栏时间以及驱赶、拥挤、运输温度、运输时间、待宰时间和屠宰方式等^[1-2], 因此, 研究导致宰前应激的不同因素对生猪血液生理生化指标及PSE肉发生率的影响是非常必要的。本文主要对屠宰季节、运输



压力、待宰时间和宰杀方式对生猪血液生理生化指标和PSE肉发生率的影响进行综述。

1 屠宰季节对生猪血液生理生化指标和PSE肉发生率的影响

季节是与PSE肉发生率相关性最高的因素之一，其中温度是影响生猪机体代谢的主要因素。由于猪是恒温动物，当外界温度低于或高于某一临界温度时，猪均会受到冷、热应激的影响，致使机体代谢紊乱，影响宰后肌肉品质。

田寒友等^[3]研究发现，三元猪在低于10℃运输时开始出现应激反应，当运输温度降到-10~0℃时，应激反应更加强烈，血液中肌酸激酶（creatine kinase, CK）、乳酸脱氢酶（lactate dehydrogenase, LDH）和皮质醇（cortisol, COR）浓度显著上升；甄少波等^[4]研究发现，夏季运输猪只血液中的CK和LDH浓度显著高于秋、冬季节，而夏、冬季节猪只血液中的促肾上腺皮质激素（adrenocorticotrophic hormone, ACTH）、COR和血糖（glucose, GLU）浓度显著升高；在热应激条件下，天冬氨酸转氨酶（aspartate transaminase, AST）逸出细胞，进入血液，使血液中AST的含量升高^[5-6]，这可能是由于猪的皮下脂肪较厚，汗腺不发达，体内热能散发较慢，因此很容易受到热应激的影响，猪只受到热应激后，机体心肌和骨骼肌能量的产生和利用增加，肌肉供能不足，致使细胞线粒体受损，膜通透性增强。巨向红等^[7]发现猪只受热应激后，血糖浓度显著升高；徐新萍等^[8]发现夏季运输时，生猪的血糖浓度显著高于秋季，猪只受到热应激后，交感神经系统兴奋，通过胰高血糖素和儿茶酚胺作用于胰岛细胞，使胰岛素含量下降，胰高血糖素含量升高，最终导致血糖升高，这与甄少波等^[4]的研究结果一致。刘胜军等^[9]研究高温环境对生长猪COR浓度的影响时发现，血浆COR浓度受高温影响具有时效性，呈先升高后降低的趋势，该结果与张小东^[6]、Heo^[10]等的研究结果一致。刘圈炜等^[11]发现在持续高温条件下，生长猪血清中的总蛋白、球蛋白含量明显下降；而巨向红等^[7]发现热应激对巴马香猪血液中总蛋白和白蛋白的影响不显著；Christon等^[12]发现高温可以使生猪血浆中甘油三酯的浓度升高，而刘圈炜等^[11]发现持续高温应激（33℃）降低了生长猪血液中甘油三酯和总胆固醇的含量，以上差异可能由应激的时间和强度不同导致，具体原因尚需进一步探讨。张小东等^[6]研究发现在短期、急性热应激条件下，生长猪血液中的K⁺浓度显著下降，在持续高温条件下，Ca²⁺、K⁺和P浓度均有下降趋势，Mg²⁺、Cl⁻浓度变化未出现规律。

甄少波等^[4]研究发现夏季运输的生猪宰后45 min

时，胴体背最长肌的pH值显著低于秋、冬季节，亮度值和滴水损失显著高于秋、冬季节，较易形成类似PSE肉；Dalla Costa等^[13]研究了季节对猪肉品质的影响，发现热环境会增加宰后肌肉的亮度值，更易形成PSE肉；Martinez-Rodriguez等^[14]认为在高温条件下运输的生猪屠宰后更容易产生PSE肉，与冬季运输相比，夏季运输生猪的宰后PSE肉发生率（6.5%）更高，且大约为冬季运输（3.4%）的2倍；徐新萍^[8]、Guàrdia^[15]等也得出了类似的结论。以上大量研究表明，热应激会使生猪宰后PSE肉的发生率升高。

2 运输压力对生猪血液生理生化指标和PSE肉发生率的影响

运输过程中，在天气、路况、装载密度、运输距离和运输时间等应激源的综合作用下，猪只很容易产生应激反应，此时猪只往往心理压力较大、能量消耗过快，导致机体代谢紊乱、血液生理生化指标发生变化、pH值异常，进而影响猪肉品质。

田寒友等^[3]研究了运输时间对北京地区三元猪应激反应与猪肉品质的影响，结果表明，运输时间达6 h后生猪开始出现应激反应，9 h后应激反应加剧，生猪血液中丙氨酸转氨酶、天冬氨酸转氨酶、LDH和CK等生化指标均显著升高；魏光河等^[16]发现40日龄荣昌仔猪运输30 min后血液中的CK水平显著升高，高得仪^[17]、Pérez^[18]、柴进^[19]等也得出了类似的结论，这说明经历运输应激后的猪只组织和细胞受到损伤，导致细胞内酶外逸。李留安等^[20]的研究表明，二花脸和皮特兰2个品种猪的COR水平在运输前、中、后全过程中变化显著，在运输过程中COR水平上升并保持较高水平，运输完成后，COR水平逐渐恢复正常。柴进等^[19]的研究表明血浆乳酸浓度在运输后升高，而血糖浓度随着时间的延长逐渐降低，这与Becerril-Herrera^[21]、Mota-Rojas^[22]等的研究结果一致。魏光河等^[16]发现40日龄荣昌仔猪运输30 min后，血液中尿素、肌酐、甘油三酯等大部分生理生化指标均有所上升。高得仪等^[17]研究了猪只运输结束后5 d内血液生化指标的变化，发现运输停止时猪只血液中血清总蛋白含量上升，随后1~4 d下降，尿素氮含量在运输停止后2 d内均升高，这可能是由于猪只受到运输应激后蛋白分解加剧所致；该研究还表明运输后1~3 d内血液中血清钠、钾含量均降低；Becerril-Herrera等^[21]的研究表明，生猪经过8 h或16 h的运输后，血液中Na⁺、Ca²⁺的含量会显著升高，而K⁺的含量变化无规律，血液中无机离子的变化规律复杂，造成这种差异的原因尚需进一步探讨。

猪只受到运输应激后，能量被大量消耗，肌肉供氧不足，造成乳酸堆积，使肌肉pH值下降、系水力下

降、肉色改变, PSE肉发生率增加。田寒友等^[3]的研究表明, 运输6 h以上的三元猪与运输3 h相比, 宰后45 min通脊肉的pH值显著降低, 肉品质下降, 更易产生PSE肉; Yu Jimian等^[23]研究了不同运输时间对二花脸猪背最长肌肉品质的影响, 结果表明, 经过2 h运输的猪只背最长肌的pH值降低, 滴水损失和亮度值显著增加, 较易产生PSE肉; Shen等^[24]发现宰前运输能够加速生猪体内ATP的耗竭, 导致机体处于较低的能量状态, 而较低的能量状态导致AMP激活的蛋白激酶(AMP-activated protein kinase, AMPK)活化, 进而加快糖酵解, 致使PSE肉发生率升高。许多学者研究了运输压力对PSE肉发生率的影响, 也取得了一定的成果, 但是这一现象的分子机制还不清楚, 尚需进一步研究。

3 待宰时间对生猪血液生理生化指标和PSE肉发生率的影响

生猪在屠宰前会不可避免地受到驱赶、装载、运输和卸载等应激, 为了降低机体应激反应, 在猪只到达屠宰场, 进入待宰圈后, 应停止喂食, 并给予足量的饮用水, 使其得到充分的休息。这一手段可以有效减少猪只的应激反应, 同时降低PSE肉的发生率。

赵慧等^[25]研究了不同待宰时间(3、6、12 h)条件下杜长大三元杂交猪血液应激指标和猪肉品质的变化, 发现待宰3 h的生猪血浆CK含量显著低于待宰6 h的生猪, 而后者血浆CK含量显著低于待宰12 h的生猪; 柴进^[26]、Pérez^[27]等发现经历运输后的猪只休息时的血液CK和LDH含量均高于不休息时, 这可能是因为猪只经历运输应激后, 组织和细胞受到损伤, 而休息时并没有完全恢复, 胞内酶流入血浆, 不断积累所致。柴进等^[19]发现休息组猪只的COR和ACTH水平显著低于不休息组, 这与赵慧等^[25]的研究结果一致, 说明运输结束后的猪只通过休息可以缓解运输对机体带来的刺激; 赵慧等^[25]发现待宰3 h生猪的血糖和血液乳酸含量显著低于待宰6 h的生猪, 这与柴进等^[19]的结论一致, 推测是由于运输应激后升高的血糖和乳酸被慢慢消耗和吸收而导致。

待宰能够使猪只从驱赶、抓捕和运输等人为操作造成的应激中得到恢复。待宰时间过短, 猪的应激反应没有得到缓解, 可能造成PSE肉发生率增加。邹华锋等^[28]发现宰前静养12 h组生猪的肌肉滴水损失明显低于静养6 h组; Young等^[29]研究发现生猪经1 h待宰能显著提高肉品质, 猪肉的保水性也得到很大程度的改善; De Perre等^[30]研究了静养时间对比利时猪PSE肉发生率的影响, 发现夏季(4~9月)待宰2~4 h、冬季(当年11月~次年3月)待宰2 h以内可以降低PSE肉的发生率。Costa等^[31]的研究表明, 过夜休息能够降低PSE肉的发生率; Shen

等^[24]发现生猪经过运输后, 休息一段时间可以使肌肉恢复到较高的能量状态, 防止AMPK被过早活化, 进而减少对猪肉品质的不良影响。赵慧等^[25]研究发现待宰12 h的生猪宰后45 min背最长肌的pH值显著高于待宰3 h和待宰6 h, 而待宰12 h背最长肌的汁液损失也显著高于另外2组, 这与其他学者的研究结果不一致, 可能是由于待宰时间过长, 期间生猪出现互相打斗、抓伤等现象, 进而发生应激反应, 使肌肉保水性变差, 肌肉质量损失增大。

4 致晕方式对生猪血液生理生化指标和PSE肉发生率的影响

致晕是指通过物理或化学方法使动物在短时间内处于昏迷状态并且不会苏醒的过程, 常见的致晕方式可分为3种, 分别是器械致晕、电击致晕和CO₂致晕。所有致晕方式均会引起猪只不同程度的应激反应, 如果家畜在屠宰时不进行致晕, 其神经就会受到恐惧、痛苦和愤怒等的刺激, 得到的肉品不符合质量要求, 同时也违背相关动物福利。

赵慧等^[25]研究了直接宰杀、电击致晕和CO₂致晕对杜长大三元杂交猪血液应激指标和猪肉品质的影响, 发现与CO₂致晕相比, 直接宰杀和电击致晕能够使生猪血液内的CK含量显著升高, 而直接宰杀组生猪的血液LDH含量和COR含量显著高于电击致晕组和CO₂致晕组; 吴小伟等^[32]的研究表明, 与电击致晕相比, CO₂致晕能够使生猪血液中CK、LDH、乳酸(lactic acid, LAC)和COR的含量显著降低; 龙定彪等^[33]研究屠宰方式对育肥猪的影响时发现, 与直接宰杀相比, 电击致晕组猪只血清CK、LDH、LAC和GLU含量均显著下降, 这与赵慧等^[25]的研究结果一致, 以上研究表明, 直接宰杀对猪只产生的应激最大, 其次是电击致晕。Mota-Rojas等^[22]研究发现, CO₂致晕的屠宰应激会导致猪只血液中K⁺和Ca²⁺浓度升高, 而Pérez等^[27]则发现屠宰应激并不会造成猪血液中K⁺浓度的变化, 不同研究结果间的差异可能是由于血液中无机离子变化规律比较复杂, 实验条件的微小变化就可能导致不同的实验结果。

不同的致晕方式会引起猪只不同程度的应激反应, 进而影响猪肉的色泽、嫩度和保水性。赵慧等^[25]研究表明, 不击晕组和电击致晕组猪只宰后45 min的肌肉pH值显著高于CO₂致晕组, 而亮度值(L*)则显著低于CO₂致晕组, 不击晕组的汁液损失显著低于电击致晕组和CO₂致晕组; 龙定彪等^[33]的研究结果表明, 与直接宰杀相比, 电击致晕组猪只宰后45 min的肌肉pH值显著升高, 且L*值和滴水损失显著降低, 这与黄强力等^[34]的研究结果一致; 邹华锋等^[28]发现电击致晕组猪只宰后45 min的肌肉pH值显著高于直接宰杀组, 而电击致晕组猪只肌肉的滴

水损失显著低于直接宰杀组；吴小伟等^[32]发现与电击致晕相比，CO₂致晕组猪只宰后45 min的肌肉pH值升高，宰后24 h猪肉的汁液损失、蒸煮损失及解冻损失降低，疑似PSE肉和PSE肉的发生率分别降低了8.30%和4.47%，与冯志华^[35]、钟波^[36]等的研究结果一致；张文红等^[37]研究发现高电压击晕猪只均不同程度地产生了PSE肉，而较低电压击晕猪只PSE肉的发生率较低。

5 血液生理生化指标的指示作用

血液是机体输送营养物质和代谢废物的载体，同时也是机体实现体液调节的途径，宰前应激会使生猪血液中CK、LDH、GLU和LAC等指标发生变化，同时宰前应激还会影响机体的健康状态，对宰后肌肉品质有一定的负作用，因此，血液中的某一个或某几个生理生化指标可能会对机体的健康状态和肌肉品质有一定的指示作用。有研究表明，猪血液中急性期蛋白的含量是猪群健康和动物福利的有效监测指标，血液中热休克蛋白（heat shock protein, HSP）70是一种监测动物是否受过应激的良好指标^[38-39]。在具有应激敏感性的猪只中，血清中的CK和LDH含量显著高于正常猪，肉质呈灰白色，肉色与CK和LDH含量呈负相关，血清中的CK和LDH含量可以用来改良肉质和筛选抗应激品质^[40]。番鸭血液中碱性磷酸酶和甘油三酯的含量与肉品质密切相关，它们主要反映鸭肉的失水率和剪切力，可以选用碱性磷酸酶含量较高且甘油三酯含量较低的个体来提高番鸭肉的品质^[41]。田寒友等^[42]研究了携带不同品质猪肉的生猪血液中COR和其他生理生化指标的变化，发现携带PSE肉的生猪血糖浓度显著高于正常猪，携带DFD（dry, firm and dark）肉的生猪血液中的COR浓度显著高于正常猪，血液中的COR和血糖浓度分别对DFD肉和PSE肉的产生有重要的指示作用。冯跃进等^[43]研究了运输应激状态猪只的血液COR含量与肉质性状间的关联性，结果表明，无法通过血浆中COR浓度的高低来评估猪肉的品质，这与田寒友等^[42]的研究结果不一致，可能是由于实验猪只所处环境的差异所致，在后续的研究中，可以扩大样本量，以减小环境差异对实验结果的影响。综上所述，血液生理生化指标与机体健康状态和肉品质之间有密切关联，在之后对相关肉品质的评估中，可以测定关系较密切的血液生理生化指标来辅助判定。

6 结 语

屠宰季节、运输压力、待宰时间和致晕方式等宰前应激均会使猪只的血液生理生化指标发生变化，同时这些宰前应激也会影响猪肉品质，使得PSE肉的发生概率显

著升高。近年来，国内外学者对宰前的不同应激对猪只血液生理生化指标及猪肉品质的影响做了大量研究，并取得了一些进展，但是血液生理生化指标的变化与PSE肉产生之间的内在关联报道较少，还需进一步研究，以便能在血液中找到表征PSE肉产生的生理生化指标，从而一方面通过检测血液生理生化指标来预测可能发生PSE肉的猪只，实现屠宰厂PSE肉的在线快速检测，最终避免PSE肉出厂，保障动物产品的质量与安全；另一方面为生猪屠宰企业制定针对性更强的宰前因素控制方案提供科学依据，从源头降低PSE肉的发生率，减少经济损失。

参考文献：

- [1] GAJANA C S, NKUKWANA T T, MARUME U, et al. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on incidences of pale, soft, and exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork[J]. *Meat Science*, 2013, 95(3): 520-525. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.05.028.
- [2] VERMEULEN L, DE PERRE V V, PERMENTIER L, et al. Pre-slaughter handling and pork quality[J]. *Meat Science*, 2015, 100: 118-123. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.09.148.
- [3] 田寒友, 邹昊, 刘飞, 等. 运输时间和温度对生猪应激和猪肉品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(16): 284-288. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2015.16.038.
- [4] 甄少波, 刘奕忍, 郭慧媛, 等. 运输季节对生猪应激及猪肉品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(1): 333-338. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2015.01.044.
- [5] 董淑丽, 王占彬, 雷雪芹, 等. 热应激对动物血液生化指标的影响[J]. *家畜生态*, 2004, 25(2): 54-56. DOI:10.3969/j.issn.1673-1182.2004.02.018.
- [6] 张小东, 宋伟, 张根军, 等. 温热环境对生长猪血清SOD和CK活性的影响[J]. *山东畜牧兽医*, 2004(4): 3-5. DOI:10.3969/j.issn.1007-1733.2004.04.002.
- [7] 巨向红, 雍艳红, 何健嫦, 等. 热应激对巴马香猪免疫和生化指标的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2009(13): 51-54.
- [8] 徐新萍, 曲道峰, 韩剑众. 宰前处置方式和季节对生猪血液生化特性及肉质的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2015, 51(9): 48-51. DOI:10.3969/j.issn.0258-7033.2015.09.011.
- [9] 刘胜军, 卢庆萍, 张宏福, 等. 高温高湿环境对生长猪生长性能血浆皮质醇浓度和免疫功能的影响[J]. 2010, 22(5): 1214-1219. DOI:10.3969/j.issn.1006-267x.2010.05.014.
- [10] HEO J, KATTESH H G, ROBERTS M P, et al. Hepatic corticosteroid-binding globulin (CBG) messenger RNA expression and plasma CBG concentrations in young pigs in response to heat and social stress[J]. *Journal of Animal Science*, 2005, 83(1): 208-215. DOI:10.2527/2005.831208x.
- [11] 刘圈炜, 卢庆萍, 张宏福, 等. 持续高温对生长猪血清生化指标及肌肉营养物质含量的影响[J]. *动物营养学报*, 2010(5): 1207-1213. DOI:10.3969/j.issn.1006-267x.2010.05.013.
- [12] CHRISTON R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 1988, 66(12): 3112-3123. DOI:10.2527/jas1988.66123112x.
- [13] DALLA COSTA O A, FAUCITANO L, COLDEBELL A, et al. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs[J]. *Livestock Science*, 2007, 107(1): 29-36. DOI:10.1016/j.livsci.2006.08.015.

- [14] MARTINEZ-RODRIGUEZ R, ROLDAN-SANTIAGO P, FLORES-PEINADO S, et al. Deterioration of pork quality due to the effects of acute ante mortem stress: an overview[J]. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 2011, 6(12): 1170-1184. DOI:10.3923/ajava.2011.1170.1184.
- [15] GUÀRDIA M D, ESTANY J, BALASCH S, et al. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs[J]. Meat Science, 2004, 67(3): 471-478. DOI:10.1016/j.meatsci.2003.11.020.
- [16] 魏光河, 张培晏. 运输对荣昌猪生理生化指标的影响[J]. 动物医学进展, 2011, 32(10): 123-127. DOI:10.3969/j.issn.1007-5038.2011.10.032.
- [17] 高得仪, 焦淑贤. 猪运输应激血液生化指标变化[J]. 中国兽医学报, 1996, 16(3): 285-289.
- [18] PÉREZ M P, PALACIO J, SANTOLARIA M P, et al. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs[J]. Meat Science, 2002, 61(4): 425-433. DOI:10.1016/S0309-1740(01)00216-9.
- [19] 柴进, 蒋思文. 宰前应激对猪肉品质的影响及调控技术研究进展[J]. 养猪, 2007(4): 27-29. DOI:10.3969/j.issn.1002-1957.2007.04.013.
- [20] 李留安, 夏东, 肖金松, 等. 二花脸仔猪在运输过程中的行为特征和血浆皮质醇水平的变化[J]. 饲料博览: 技术版, 2007, 28(2): 64-67. DOI:10.3969/j.issn.1673-1182.2007.02.016.
- [21] BECERRIL-HERRERA M, ALONSO-SPILSBURY M, ORTEGA M E T, et al. Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an abattoir[J]. Meat Science, 2010, 86(4): 945-948. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.07.021.
- [22] MOTA-ROJAS D, BECERRIL-HERRERA M, ROLDAN-SANTIAGO P, et al. Effects of long distance transportation and CO₂ stunning on critical blood values in pigs[J]. Meat Science, 2012, 90(4): 893-898. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.11.027.
- [23] YU Jimian, TANG Shu, BAO Endong, et al. The effect of transportation on the expression of heat shock proteins and meat quality of *M. longissimus dorsi* in pigs[J]. Meat Science, 2009, 83(3): 474-478. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.06.028.
- [24] SHEN Q W, MEANS W J, THOMPSON S A, et al. Pre-slaughter transport, AMP-activated protein kinase, glycolysis, and quality of pork loin[J]. Meat Science, 2006, 74(2): 388-395. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.04.007.
- [25] 赵慧, 甄少波, 任发政, 等. 待宰时间和致晕方式对生猪应激及猪肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 272-277. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2013.04.034.
- [26] 柴进, 彭健, 熊琪, 等. 宰前休息方式对猪福利、血液成分及肉质影响[J]. 畜牧兽医学报, 2009, 40(11): 1645-1650. DOI:10.3321/j.issn.0366-6964.2009.11.011.
- [27] PÉREZ M P, PALACIO J, SANTOLARIA M P, et al. Influence of lairage time on some welfare and meat quality parameters in pigs[J]. Veterinary Research, 2002, 33(3): 239-250. DOI:10.1051/vetres:2002012.
- [28] 邹华峰, 文美英, 魏星华, 等. 生猪宰前不同静养时间和屠宰方式对背长肌肌肉pH值和滴水损失的影响[J]. 肉类工业, 2013(5): 19-21. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2013.05.007.
- [29] YOUNG J F, BERTRAM H C, OKSBJERG N. Rest before slaughter ameliorates pre-slaughter stress-induced increased drip loss but not stress-induced increase in the toughness of pork[J]. Meat Science, 2009, 83(4): 634-641. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.07.019.
- [30] DE PERRE V V, CEUSTERMANS A, LEYTEN J, et al. The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham: effects of season and lairage time[J]. Meat Science, 2010, 86(2): 391-397. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.05.023.
- [31] COSTA L N, FIEGO D P L, DALL'OLIO S, et al. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype[J]. Meat Science, 2002, 61(1): 41-47. DOI:10.1016/S0309-1740(01)00160-7.
- [32] 吴小伟, 李侠, 张春晖, 等. 屠宰应激对宰后猪肉保水性的影响[J]. 现代食品科技, 2015(9): 205-211.
- [33] 龙定彪, 杨飞云, 肖融, 等. 屠宰方式对育肥猪血液生化指标及肉品质的影响研究[J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(11): 69-72. DOI:10.3969/j.issn.0258-7033.2014.11.017.
- [34] 黄强力, 闵成军, 魏星华, 等. 不同致晕方式宰后猪肉品质的差异分析[J]. 肉类工业, 2013(3): 19-20. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2013.03.006.
- [35] 冯志华, 刘英. 屠宰击晕方式对猪肉品质的影响[J]. 国外畜牧学: 猪与禽, 2014, 34(2): 59-61.
- [36] 钟波, 石英辉, 杨太东, 等. 不同致晕方法对猪肉肺脏品质的影响比较[J]. 国外畜牧学: 猪与禽, 2012(7): 59-60. DOI:10.3969/j.issn.1001-0769.2012.06.022.
- [37] 张文红, 彭增起, 吉艳峰, 等. 不同电击昏方式对猪肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2006(5): 19-21. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2006.05.012.
- [38] 许美芳, 李永明, 徐子伟. 急性期蛋白及其用于动物健康状态的评价[J]. 家畜生态学报, 2010(3): 76-79. DOI:10.3969/j.issn.1673-1182.2010.03.017.
- [39] 张根军. 生长猪热应激反应模型及适宜监测指标筛选[D]. 北京: 中国农业科学研究院, 2004.
- [40] 武艳萍, 谢文采. 血清酶活与猪肉品质关系的研究[J]. 山西农业大学学报: 自然科学版, 1995, 15(1): 69-70.
- [41] 徐琪, 张扬, 李秀, 等. 番鸭产肉性能、肉品质和血液生化性状间的典型相关分析[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(4): 756-760. DOI:10.3969/j.issn.1000-2286.2011.04.023.
- [42] 田寒友, 邹昊, 刘文营, 等. 皮质醇激素和血液生化指标变化对猪肉劣质肉的指示作用[J]. 肉类研究, 2013, 27(10): 6-8.
- [43] 冯跃进, 杨培歌, 郝月, 等. 运输应激状态猪血液皮质醇含量与肉质性状之间的关联性分析[J]. 家畜生态学报, 2014, 35(1): 25-29. DOI:10.3969/j.issn.1673-1182.2014.01.006.