

# 宰前管理对猪肉品质的影响

许洋, 黄明\*, 周光宏

(南京农业大学 肉品加工与质量安全控制教育部重点实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 本文对猪肉品质存在的主要问题作简单的介绍, 并在此基础上重点讨论宰前运输、宰前禁食、宰前休息对猪肉品质、肉品安全性及动物福利的影响, 进一步优化肉质及动物福利间的关系, 以期为企业的宰前管理提供参考。

**关键词:** 宰前管理; 应激; 猪肉; 品质

## Influence of Pre-slaughter Management on Pork Meat Quality

XU Yang, HUANG Ming\*, ZHOU Guang-hong

(Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** In this paper, we first briefly review the major issues concerning pork meat quality, and then discuss in detail the influence of pre-slaughter factors, such as fasting, transport and resting on pork quality, meat safety, and animal welfare. Inconsistent reports indicate that more efforts are needed to optimize the relationship of meat yield and quality with animal welfare.

**Key words:** pre-slaughter management; stress; pork; quality

中图分类号: TS251.51

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)23-0348-04

随着社会的进步, 猪肉生产企业在增加产量的同时, 更加注重肉的品质, 以此来满足消费者对高品质猪肉的需求。目前, 国际市场动物产品消费水准已进入安全、健康时代, 国内对动物食品的卫生安全要求也越来越高, 人们不仅关心肉品安全, 对其营养、口感的关注也日益密切。长期以来, 肉类生产和肉类市场上最大的肉品质量问题就是异常肉的出现, 即不同程度的PSE肉(肉色苍白、肉质松软、汁液渗出)和DFD肉(肉色黑暗、肉质坚硬、干燥)的产生。劣质肉的产生受很多因素的影响, 不当的宰前管理是产生劣质肉的主要原因之一, 本文重点就宰前禁食、运输和宰前休息对动物福利、猪肉品质及其安全性等方面的影响进行探讨。

## 1 猪肉品质存在的主要问题

目前我国猪肉市场尚不规范, 各种质量安全问题时有发生, 对消费者的健康造成了不利影响。动物宰后能量代谢以及酸化的速度和程度都对肌肉向食用肉的转

化起着重要作用, 而且对鲜肉的许多品质特性有重要影响, 从这个角度来说, 猪肉品质主要存在两方面的问题, 它们均与肉的pH值下降速率和最终pH值有关。一方面, 动物宰前受到急性应激且体内有足够的能量储备时, 会引起宰后早期阶段乳酸含量迅速增加, 这使得宰后1h内pH值下降至6.0以下, 产生PSE肉。PSE肉的产生与宰后肌肉不正常酸化有关, 其特点是宰后1h内酸化速率高<sup>[1]</sup>; 另一方面, 动物受到慢性应激并耗尽所有能量时, 宰后pH<sub>24h</sub>值仍然较高, 这样防止了产生大量乳酸, 避免使pH<sub>24h</sub>值下降到6.0以下, pH<sub>24h</sub>值高于6.0表明是DFD肉, 这是引起鲜肉和干腌制品细菌腐败的重要原因<sup>[2]</sup>。

劣质肉的货架期短、口感差等问题使企业的利润大打折扣, 如何从根源上减少劣质肉的发生, 从源头着手提高猪肉品质, 已成为国内外猪肉生产企业关注的焦点。

## 2 宰前管理对猪肉品质的影响

宰前管理主要分为两个时期: 从农场到屠宰场的运

收稿日期: 2010-11-26

作者简介: 许洋(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: 2009108028@njau.edu.cn

\*通信作者: 黄明(1970—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: mhuang@njau.edu.cn

运输时期,以及在屠宰场牲畜栏的休息时期。猪肉品质受到动物本身及其周围环境,如环境温度、湿度、待宰密度、运输、休息等的影响。宰前管理不当会使生猪产生不同程度的应激反应(应激是将动物从农场运输到屠宰场的过程中不可避免的后果,所有肉类动物宰前都会受到一定程度的应激),这些应激能够影响肌肉代谢,进而导致PSE肉和DFD肉的发生,对猪肉的食用品质产生不利影响。学者们对宰前应激(包括运输和宰前处理)对猪肉品质的影响进行了广泛的研究,结果表明会引起猪肉品质恶化<sup>[3]</sup>,这是制约猪肉产业发展的重要问题。

### 2.1 运输对猪肉品质的影响

运输是肉品生产中的一个程序,在此过程中,由于操作不当,动物会产生不利的应激反应,从而对动物的健康、福利、表现行为以及最终产品质量产生有害影响。因此,在世界各地许多国家,动物运输是一个日益受到关注的问题。

#### 2.1.1 运输对PSE肉发生率的影响

宰前环境因素中,季节、运输时间是与PSE肉发生率相关性最高的因素。夏季屠宰时,PSE肉的发生率是冬季的两倍。许多研究发现<sup>[4]</sup>,宰前运输使PSE肉的发生率增多,但这种现象背后的生化机制还没有阐明清楚。运输能够加快肌肉中ATP的消耗,从而导致宰后肌肉中能量状况较低,进而使宰后1h内AMPK(5'-磷酸腺苷激活蛋白激酶)激活,接着又使糖酵解能力增强、PSE肉发生率增多。运达屠宰场后让猪休息一段时间,以恢复宰前肌肉中较高的能量状态,从而抑制了AMPK过早快速地被激活,进而减少了运输对肉质的负面影响。

还有研究发现<sup>[5]</sup>,PSE肉的发生率随着运输时间的延长而降低,此外,这种效应还取决于装载密度。当运输时间超过3h时,PSE肉的发生率随着运输时装载密度的增大而增加,而运输时间小于3h时,结果正好相反。从Perez等<sup>[6]</sup>的研究结果可以看出,在正常的运输条件下,并且运达屠宰场时立即屠宰,短时间(15min)运输的猪会产生更强烈的应激反应,肉质会更差。经过长时间(3h)运输,动物可能适应了运输条件,能够像在牲畜栏中一样休息,短时间运输的猪可能需要在牲畜栏中休息更长时间。Valenta等<sup>[7]</sup>认为,尽管宰前休息1~4h,短距离运输(<40km)的猪的PSE肉的发生率仍然较高。其他学者发现,运输距离增加时,较高的极限pH(pH<sub>u</sub>)值的发生率也会增加。然而,Warriss等<sup>[8]</sup>表示,运输时间对pH<sub>u</sub>值没有影响。可见,PSE肉和DFD肉的产生与运输与动物的应激有关,然而,应激指数和肉质参数之间并没有一致的相关性。

#### 2.1.2 运输对动物福利的影响

宰前环境因素中,季节和运输时间会显著影响动物福利,Abbott等<sup>[9]</sup>认为季节可能会影响运输中动物的舒

适程度,在炎热和潮湿的条件下,动物的死亡率会增加;另外,人们普遍认为,运输时间会对动物的福利和肉质产生负面影响,虽然这种影响并不总是与距离直接相关<sup>[6]</sup>。Palacio等<sup>[10]</sup>研究发现,长时间运输容易造成猪的死亡率的提高,死亡率高是运输过程中动物福利较差的一个明显指标。

除了运输时间,装车、卸车、交通工具特性(卡车的速度变化及其震动)、装载密度、天气状况、将不同圈的动物混群等因素也会影响运输中的动物福利和宰后的肉质,而且这些因素间存在交互作用,Nanni Costa等<sup>[11]</sup>发现,装载密度和休息时间之间有很小但很显著的交互作用,装载密度可能影响(虽然很轻微)猪在不同休息时间内的反应。因此,很难解释运输时间对动物福利和肉质的真正影响。

#### 2.1.3 运输对其他方面的影响

宰前运输和处理会影响动物的体质量和肉质,处理不当会造成农民、运输商、屠宰场的经济损失。Au-Chen等<sup>[12]</sup>表示,如果产生应激的各种宰前因素不被控制,动物的质量损失将高达32%,在合适的运输及处理条件下,可能会减少动物死亡及对肉质的有害影响。另外,在运输途中或休息时受伤会影响胴体的温度和pH值,从而导致胴体的货架期改变。Chai等<sup>[13]</sup>研究了宰前运输对血液成分和肉质的影响,总的来说,高密度或长距离运输可能会显著影响血液成分和肉质,这种运输条件下的动物将需要更长的休息时间来恢复。

综上所述,在中国的商业条件下,从动物福利和肉质两个方面进行考虑,最适合的运输条件为:时间少于3h,采用中装载密度(<275kg/m<sup>3</sup>)及温暖的环境温度。

### 2.2 宰前禁食对猪肉品质的影响

禁食就是将待宰猪撤销饲料一段时间的一种宰前处理,其潜在优势包括:保证运输过程中动物的福利;在净膛过程中,避免了肠道内容物溢出造成胴体污染;改善猪肉品质。很多国家明文规定宰前要将猪禁食一段时间,然而有些地方并没有采用,例如,针对魁北克的猪农场进行的一项调查显示,只有15%的猪在运输前被禁食<sup>[14]</sup>。关于宰前禁食对猪肉品质的影响,目前发现的主要有以下五个方面。

#### 2.2.1 禁食对糖原含量的影响

许多研究证实<sup>[15-16]</sup>,宰后肉中糖原含量可影响糖酵解的程度和速度,间接影响乳酸的产生量和pH值下降速率,最终影响肉色、滴水损失、多汁性、嫩度等肉质指标。尽管在所有禁食处理中,糖原含量一般都很低,但研究发现,延长禁食时间,会使糖原含量显著降低,极限pH(pH<sub>u</sub>)值较高,肝糖原储备在禁食的前18h内几乎完全消耗<sup>[17]</sup>,这与之前的很多研究相一致。而Fauctano等<sup>[18]</sup>认为,当禁食不与其他宰前处理(如混

群、长时间运输等)混合进行时,糖原不会消耗到使猪肉品质受到影响的程度。Bidner等<sup>[19]</sup>表示,禁食60h没有对pH<sub>u</sub>值产生任何影响。可见,禁食时间对pH<sub>u</sub>值影响的研究结果并不一致,而且在很多研究中,禁食时间通常与在屠宰场的休息时间相混淆。

### 2.2.2 禁食对糖酵解潜力的影响

糖酵解潜力(glycolytic potential, GP)是反映肌肉化合物转化成乳酸、促进宰后pH值下降的一项指标,宰前活体动物GP的下降,可能是降低宰后pH值下降程度的潜在方法,一定水平的GP对保证良好肉质具有重要作用。GP受多种因素影响,如基因型、饲养条件、禁食、宰前处理等。Sterten等<sup>[20]</sup>研究发现,宰前禁食能够控制肌糖原池,进而会影响宰后糖酵解和pH值下降速度。短时间禁食会使糖原降解减缓,pH值缓慢下降,pH<sub>u</sub>值较低,而长时间禁食会使糖原快速降解,宰后早期pH值迅速下降,pH<sub>u</sub>值较高。由此可见,GP的下降可以改善肉质特性如颜色和保水性等。

### 2.2.3 禁食对PSE肉发生率的影响

禁食被看作是提高肌肉最终pH值及降低PSE肉发生率的有效手段。Guardia等<sup>[5]</sup>发现,禁食时间低于18h会增加PSE肉的发生率,而较长的禁食时间(>22h)会使肌糖原耗尽而增加DFD肉的发生率。Faucitano等<sup>[18]</sup>指出,与禁食4h或14h相比,禁食24h会使猪背最长肌的pH<sub>u</sub>值分别增加0.03和0.07个单位。同样,与禁食18h或30h相比,禁食24h会增加后腿pH值在5.6~6.2之间的比例<sup>[21]</sup>(分别为71%、56%、57%),这是蒸煮火腿加工厂的目标pH<sub>u</sub>值。而且,与禁食18h相比,禁食24h会使其蒸煮产量增加1.6%<sup>[22]</sup>,这进一步证实了最终pH值和蒸煮火腿技术产量之间的相关性。然而,许多其他研究表明<sup>[23-24]</sup>,禁食时间对猪肉品质有很小或几乎没有影响。这些研究结果的不一致可能是由动物宰前受到的应激水平不同所致。

### 2.2.4 禁食对肉品安全性的影响

Martín-Pélaez等<sup>[25]</sup>研究表明,随着禁食时间的延长,肠杆菌数和粪便中沙门氏菌有增加的趋势。尽管净膛时胃肠道撕裂的风险较低,胴体被微生物污染的可能性较低,但禁食时间过长可能会导致发酵模式改变,产生一个更适合胃肠道中某种病原菌生长的环境,如盲肠杆菌(如沙门氏菌和大肠杆菌)。然而,最近的研究结果表明,禁食不会使猪脱落更多的沙门氏菌,而是污染的猪圈引起了猪之间沙门氏菌的交叉污染,宰前禁食24h并结合4h的运输时间,回盲中呈阳性的沙门氏菌的数量减少,可达50%<sup>[26]</sup>;Lzat等<sup>[27]</sup>研究发现,禁食期间许多微生物的种类减少了;Miller等<sup>[28]</sup>研究发现,禁食会使净膛过程更容易,并且在此期间减少了肠道发病率;Eikelenboom等<sup>[29]</sup>建议实践中禁食16~24h,目

的是减少胃中内容物的体积并减少从运输到净膛过程中微生物的污染。因此,适度的禁食有益于肉品安全。

### 2.2.5 禁食对动物福利的影响

由于禁食会使胃及其内容物含量、胴体被微生物污染的程度发生变化<sup>[30]</sup>,因此能够有效降低运输过程中动物的死亡率。然而,有很多因素如最后一次饲喂时间、饲喂体制、饲料类型可能会降低该过程的效率。尽管每批都托运同一圈中的猪,但禁食时间过长很可能会增加动物之间的攻击行为<sup>[11]</sup>,产生更多的皮肤损伤。Kelley等<sup>[31]</sup>认为,禁食24h会增加陌生猪之间的攻击行为;而Murray等<sup>[32]</sup>发现,将纯种猪禁食相同的时间,则没有发现对出现瑕疵的频率产生任何影响。

综上所述,宰前禁食虽然会减少活体体质量和胴体质量,但能够显著改善猪肉肉色和保水性。禁食24h似乎是一个可以接受的方案,以保证猪肉品质及其安全性,而又不会显著减少胴体质量。

### 2.3 宰前休息对猪肉品质的影响

宰前休息的时间和条件对动物的应激程度有重要影响。在许多欧美国家,动物通常在到达屠宰场的当天被宰杀;而在澳大利亚、新西兰等国家,动物通常在到达屠宰场的第2天被宰杀,让动物有机会休息并补充水分,从运输的疲劳中恢复过来。因此,确保牲畜栏的设施和条件很重要,这有利于动物很好的休息。

休息时间对猪肉品质的优化效果不易量化。在牲畜栏中的休息时间可能受到好几个因素的影响,比如随之而来的禁食、这之前的宰前处理(运输、卸载、混群)和应激敏感性。此外,这些因素间还可能存在交互作用,最新的研究表明<sup>[33]</sup>,休息时间与运输距离之间存在交互作用,这使得更难以确定最理想的休息时间。宰前休息1h以上可改善肉色并降低PSE肉的发生率,然而休息时间过长会增加DFD肉的发生和皮肤损伤。Nanni Costa等<sup>[11]</sup>研究表明,过夜休息能够降低PSE肉的发生率,而很少有证据表明这会增加DFD肉的发生率,可能是由于体质量大,猪体内有足够的糖原储备来避免DFD肉的缺陷。与短时间休息相比,过夜休息能够减少胴体质量、背膘厚度、糖原含量,但胴体各部位(尤其是肩部)皮肤受到严重损伤的比例会增加,几乎是短时间休息的3倍<sup>[34]</sup>,而腿部出现严重的皮肤瑕疵会造成巨大的经济损失。

综合上述研究及其相关工作,并考虑实际条件的限制,建议宰前休息2~3h,因为这足以使猪从此前的应激中恢复过来,而且不会出现禁食时间过长、肌糖原耗尽、皮肤瑕疵等问题。休息时间小于1h,不足以使猪从应激中恢复过来,会导致较高的PSE肉发生率;时间过长,则会对动物福利产生有害影响。因为休息时间的变化范围很大,从不到1h到超过24h不等,所以对于猪的最佳休息时间要视具体情况而定。

### 3 结 语

宰前管理是动物屠宰加工的重要生产环节,对改善肉质、提高经济效益、保障动物福利等有重要作用。宰前管理不当是产生劣质猪肉的重要原因之一,直接影响着猪肉生产企业的经济效益。基于以上研究发现,宰前运输、禁食、宰前休息都会显著影响动物福利、猪肉品质及其安全性,但很多研究结果还不相一致,因此有必要对此问题进行深入研究,进一步优化肉质、肉量以及动物福利间的关系,积极推动我国屠宰行业技术水平的提高。

### 参考文献:

- [1] BRISKEY E J. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature[J]. *Advances in Food Research*, 1964, 13: 89-178.
- [2] TARRANT P V. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs: a review[J]. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 1989, 13: 70-107.
- [3] van der WAL P G, ENGEL B, REIMERT H G M. The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality[J]. *Meat Science*, 1999, 53(2): 101-106.
- [4] 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.
- [5] GUARDIA M D, ESTANY J, BALASH 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.
- [6] PEREZ 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.
- [7] VALENTA J, PROVAZNIK J. PSE defects of meat[J]. *Meat Focus International*, 1996, 5: 192.
- [8] WARRISS P D, DUDLEY C P, BROWN S N. Reduction of carcass yield in transported pigs[J]. *Journal of Science, Food and Agriculture*, 1983, 34(4): 65-74.
- [9] ABBOTT T A, GUISE H J, HUNTER E J, et al. Factors influencing pig deaths during transit: an analysis of drivers' reports[J]. *Animal Welfare*, 1995, 4: 29-40.
- [10] PALACIO J, GARCIA-BELENQUER S, GASCON F M, et al. Mortalidad durante el transporte a un matadero en ganado porcino[J]. *Investigacion Agraria: Produccion y Sanidad Animales*, 1996, 11: 159-170.
- [11] NANNI COSTA L, lo FIEGO D P, 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.
- [12] AU-CHEN M, HUANG C, WANG S, et al. Effect of transportation conditions on live weight loss and carcass quality of pigs[J]. *Journal Chinese Society of Animal Science*, 1995, 24(3): 329-344.
- [13] CHAI Jin, XIONG Q, ZHANG C X, et al. Effect of pre-slaughter transport plant on blood constituents and meat quality in halothane genotype of NN Large White  $\times$  Landrace pigs[J]. *Livestock Science*, 2010, 127 (2/3): 211-217.
- [14] VIAU J, CHAMPAGNE D. Mise à jeun des porcs avant l'abattage[R]. Quebec, Canada: report of Centre de développement du Porc du Québec, 1998.
- [15] BEE G, BIOLLEY C, GUÉX G, et al. Effects of available dietary carbohydrate and pre-slaughter treatment on glycolytic potential, protein degradation, quality traits of pig muscles[J]. *J Anim Sci*, 2006, 84(1): 191-203.
- [16] ROSENVOLD K, PATERSON J S, LWERKE H N, et al. Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs[J]. *J Anim Sci*, 2001, 79(2): 382-391.
- [17] BROWN S N, KNOWLES T G, EDWARDS J E, et al. Relationship between food deprivation before transport and aggression in pigs held in lairage before slaughter[J]. *Veterinary Record*, 1999, 145(22): 630-634.
- [18] FAUCITANO L, SAUCIER L, CORREA J A, et al. Effects of feed texture, meal frequency and pre-slaughter fasting on carcass and meat quality, and urinary cortisol in pigs[J]. *Meat Science*, 2006, 74(4): 697-703.
- [19] BIDNER B S, ELLIS M, WITTE D P, et al. Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendement napole genotype on fresh pork quality[J]. *Meat Science*, 2004, 68(1): 53-60.
- [20] STERTEN H, OKSBJERG N, FROSTEIN T, et al. Effects of fasting prior to slaughter on pH development and energy metabolism post-mortem in *M. longissimus dorsi* of pigs[J]. *Meat Science*, 2010, 84(1): 93-100.
- [21] CHEVILLON P, DUBOIS A, VAUTIER A. Impact de la durée de mise à jeun, du mode d'alimentation et d'élevage sur la qualité technologique des jambons cuits[J]. *Techni-Porc*, 2006a, 29(2): 29-38.
- [22] MONIN G. Évolution post-mortem du tissu musculaire et conséquences sur les qualités de viande de porc[J]. *Journ Rech Porcine en France*, 1988, 32: 201-214.
- [23] BEATTIE V E, BURROWS M S, MOSS B W, et al. The effect of food deprivation prior to slaughter on performance, behavior and meat quality [J]. *Meat Science*, 2002, 62(4): 413-418.
- [24] KEPHART K B, MILLS E W. Effect of withholding feed from swine before slaughter on carcass and viscera weights and meat quality[J]. *J Anim Sci*, 2005, 83(3): 715-721.
- [25] MARTÍN-PELÁEZ S, MARTÍN-ORUE S M, PEREZ J F, et al. Increasing feed withdrawal and lairage times prior to slaughter decreases the gastrointestinal tract weight but favors the growth of cecal Enterobacteriaceae in pigs[J]. *Livest Sci*, 2008a, 119(1): 70-76.
- [26] ISAACSON R E, FIRKINS L D, WEIGEL R M, et al. Effect of transportation and feed withdrawal on shedding of *Salmonella typhimurium* among experimentally infected pigs[J]. *Amer J Vet Res*, 1999, 60(9): 1155-1158.
- [27] LZAT A L, COLBERG M, DRIGGERS C D, et al. Effect of sampling method and feed withdrawal period on recovery of microorganisms from poultry carcasses[J]. *J Food Prot*, 1989, 52: 480-483.
- [28] MILLER M F, CARR M A, BAWCOM D A, et al. Microbiology of pork carcasses from pigs with differing origins and feed withdrawal time [J]. *J Food Prot*, 1997, 60(3): 242-245.
- [29] EIKELENBOOM G, BOLINK A H, SYBESMA W. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield[J]. *Meat Science*, 1991, 29: 25-30.
- [30] FAUCITANO L, CHEVILLON P, ELLIS M. Effect of feed withdrawal prior to slaughter and nutrition on stomach weight, and carcass and meat quality in pigs[J]. *Livestock Science*, 2010, 127(2): 110-114.
- [31] KELLEY K W, MCGLONE J J, GASKINS C T. Porcine aggression measurements and effect of crowding and fasting[J]. *Journal of Animal Science*, 1980, 50: 336-341.
- [32] MURRAY A C, JONES S D M. The effect of mixing, feed restriction and genotype with respect to stress susceptibility on pork carcass and meat quality[J]. *Canadian Journal of Animal Science*, 1994, 74: 587-594.
- [33] WARRISS P D, BROWN S N, EDWARDS J E, et al. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs[J]. *Animal Science*, 1998a, 66: 255-261.
- [34] EIKELENBOOM G, HOVING-BOLINK A H, SYBESMA W. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield[J]. *Meat Science*, 1991, 29: 25-30.