

· 基础研究 ·

关于PSE肉的研究(综述)

吉林农业大学食品系

张凤宽 刘学军

一、引言

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PSE肉(Pale soft Exudative)和DFD肉(Dark Firm Dry)。这两种肉都表现为外观色泽差,风味不浓,鲜肉和加工制品不受消费者欢迎,在肉类市场上缺乏竞争力,销售价格低于正常肉。据统计,这两种肉的发生率近年来有不断上升的趋势。DFD肉的发生率可超过30%,而PSE肉的发生率也可达到24%以上。目前,在我国,这两种肉的发生率均在10%左右。两种异常肉的发生率不断地上升,这不仅使肉类生产者蒙受巨大的经济损失,同时也给肉类加工业和消费者带来许多麻烦。因此,许多国家都十分重视这两种异常肉的研究,特别是那些异常肉发生率高的国家,如丹麦、西德、美国等国家更为重视。

PSE肉最初是由Ludvigsen(1954)第一次提出来的,并对其进行了较为全面的论述,而西德的Wismerpedrsen(1959)指出,早在60年以前,在西德的香肠加工厂就发现过类似PSE肉现象。PSE肉最初主要见于猪,后来在鸡、兔、狗,以及某些野生动物肉中,也发现PSE肉。因此PSE肉的名称各国也有不同的称谓,在丹麦Ludvigsen(1954)称为变质性肌肉(muscle Degeneration),在法国Henry等人(1955)称之为脱色素渗出性肌病(la myopathie exudative depigmentaire du porc),在美国Lawrie(1960)称之为灰白、柔软、多水肉(Pale, Soft, Watery tissue),在英国Kjilberg等人(1963)将这种状态称为白色肌肉病(White muscle

disease)。自1960年以后,各国专家统一认识,将上述肌肉的变化通称之为PSE肉。

二、PSE肉症状学

PSE肉是一种低质量的异常肉,其典型病变主要见于背最长肌、腰肌和股后肌肉群。这些肌肉群常表现为不同程度的色泽变化,严重的如煮肉色。肉质表现为松软,易碎,缺乏弹性,组织纹理粗糙,含水量多。若用刀横断肌纤维,则有多量汁液流出。宰后明显特征是:

1. 由于肌糖元迅速分解,肌肉PH值迅速下降。宰后45分钟PH值可迅速下降到6.0以下。

2. 由于高能磷酸盐迅速消耗,肌肉死后僵直迅速出现。

3. 宰后30分钟,肌肉温度明显升高,可达36~41℃,肌肉色泽发白,肉质柔软。

4. 肌肉的保水性能降低,切开断面则有较多的汁液流出。

5. 肌纤维比较肥大,每mm²肌纤维数量较正常肉减少。

三、PSE肉的理化特性

PSE肉是猪胴体肉中最明显的质量缺陷,它的典型特征是宰后肌肉超速糖酵解,肌肉的最初PH值和最终PH值都低;肉色苍白,肉质柔嫩,易渗出水分,肌纤维膨胀,易碎;肌糖元酵解快,酸性产物蓄积;肉的保水性能低,风味平淡;加工成品率低。

PSE肉的最初和最终PH值都低。所谓最初PH值即指宰后30分钟或45分钟所测得的肌肉PH值,也叫PH₁值,而最终PH值是指宰后胴体冷却24~48小时所测得的相对稳定

的PH值,也叫PH₂值。这两个PH值都与猪的品种、肌肉类型、遗传因子、糖元水平、酶的活性、肌红蛋白的浓度及肌肉的缓冲能力有关。

表1. 正常肉、PSE肉和DFD肉的PH比较

分类	DFD 肉		正常肉	PSE 肉	
	严重	轻微		轻微	严重
PH ₁	>6.5		6.0~6.5	5.8~6.0	<5.8
PH ₂	6.0~6.5	5.7~6.0	5.3~5.7	5.3~5.6	5.1~5.3

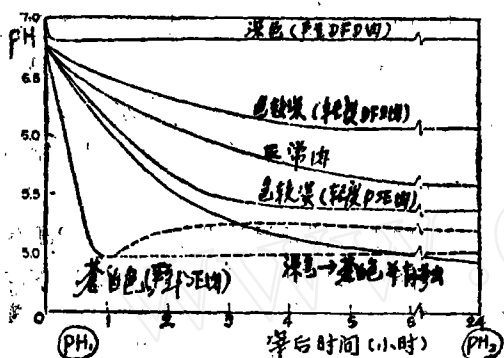


图1. 宰后PH变化 (Briskey, 1963)

PSE肉色泽较淡,呈灰白至苍白色。由于宰前受到突然的刺激,使肾上腺素分泌增加,并进入血液,肌肉产生应激反应,糖原酵解加强,乳酸在肌肉内蓄积,由于乳酸具有漂白作用,蛋白质分解为氨基酸,故使肌肉色泽变白(O, S, Braathen, 1988)。另

表2. 三种肉色泽和结构的比较

分类	DFD 肉		正 常 肉	PSE 肉	
	严 重	轻 微		轻 微	严 重
等级	4.5~5.0	3.5~4.0	2.5~3.0	1.5~2.0	0.5~1.0
特征	肉的色泽极深,结构非常硬,质地非常干燥。	肉的色泽较深,结构较硬,质地较干燥。	肉呈均匀一致的粉红色,硬度和干燥程度适宜,具有弹性。	肉色灰白,质地较软,表面特别是横断面有水分渗出。	肉色苍白,质地柔软,表面和断面有多量水分渗出。

注:表中数字系表示色泽和结构的平分标准。

四、PSE肉的发病学与发生机理

关于PSE肉的发病学与发生机理,许多

外,因PSE肉内水分流失较多,使肌肉内的肌红蛋白随液体流失或被沉淀出来,肌肉内肌红蛋白含量下降;其次,由于PSE肉的酸度较高,其可改变肌红蛋白的消光性,也是使肌肉色泽变淡或呈苍白色的原因(Ashmore等人1972)。

PSE肉系水力较低。由于PSE肉的PH₂低于肌肉中各种蛋白质的等电点(等电点PH₂5.5),肌肉中的蛋白质(主要是肌球蛋白)常发生凝集,与肌纤维中的游离水分离,大量水分外渗,故导致肌肉的系水力变低。此时,熟制损失大,成品率低。Hamm(1972)指出,当PH值在5.0~8.0之间时,鲜肉的系水力随PH值的升高而增加。通常PSE肉的熟制损失比正常肉高4.36%左右。

PSE肉的风味较差。PSE肉的风味较淡,特别是烹饪后香味不浓,这主要是由于PSE肉含水量多,保水能力差,大量呈味物质随汁液流失。另外,Lawrie(1979)认为,由于PSE肉肌纤维膨胀结构妨碍腭与风味物质的接触,致使味蕾感受器得不到风味物质的刺激。

根据PSE肉、正常肉和DFD肉的症状学与理化学特性,Ludvigsen(1960)、clausen(1961)、Forrest等人(1963)将三种肉的形态结构,进行了如下的分类比较。

学者都进行过研究和探讨。但总的来说,PSE肉的出现主要是由于内因和外因共同作

用的结果,遗传缺陷是引起应激敏感的根本原因(Nelso, 1973)。Bickhardt, K. (1972)认为, PSE肉的发生是由于线粒体能量代谢条件永久缺陷,肌肉内能量代谢不足,肌肉内糖酵解加强,乳酸产生过多,并蓄积在肌肉内。

另外, Wismer—pedersen (1959)和Lawrie (1960)都证明了肌肉内糖酵解是受腺嘌呤核苷酸浓度的控制,既有ATP酶活性增强,也有肌肉活力增加,这些观察和后来的Kastenschmidt等(1966)发现的动物死后,肌肉快速糖利用观点是一致的。此时,肌肉内乳酸含量增加,肌磷酸盐耗竭及其代偿不足。

近年来,一些专家的研究成果表明,激素类(如儿茶酚胺,甲状腺素,肾上腺皮质激素等)对肌肉组织中的一种限速酶具有激活作用,其可加速糖元分解过程,尤其是在某些应激因素(长途运输,强烈驱赶,环境突变等)作用下,造成一时性组织供氧不足,从而加速了糖元的酵解过程,产生过多的乳酸。

也有人认为PSE肉的发生,主要是由于环境温度或肉品本身的温度过高,肉的自溶过程加强的结果。由于自溶过程加强,糖元的酵解过程及其它各种生化过程也随之增强,结果肌肉中产生大量的乳酸,使肌肉的PH值降低。另外,由于乳酸增多,肌动蛋白和肌球蛋白的凝结收缩呈颗粒状,游离水增多,肌肉的系水力降低。高温作用可使肌肉膜变性、崩解,肌原纤维膨胀,组织脆弱,质地松软。同时,高温的作用,还可促进肌红蛋白发生变性,加之大量汁液流失,造成肌红蛋白含量降低,致使PSE肉色泽苍白,柔软和多渗出。

Lawrie (1966)等权威人士还认为,在PSE发生的猪肌肉中发现肥大纤维组织。致使每mm²单位面积上肌纤维数量减少。当与正常血液供应的肌肉作比较时,肥大的纤维

限制了血管系统,因此使局部更趋于无氧代谢。再则由于PSE肉白纤维的含量高于红纤维(Merkel 1971)。白纤维特征之一就是糖酵解比红纤维旺盛,血红蛋白含量比红纤维低,故使PSE肉表现为低的PH值和苍白的色泽。

五、影响PSE肉发生率的主要因素

凡是能够造成宰前应激刺激并使屠宰的动物肌肉糖酵解增强的因素,都对PSE的发生有影响。

据Briskey等人(1964)资料表明,影响PSE肉发生的因素主要有地理区域的影响,如英国、挪威、匈牙利等国发生率较低,而荷兰发生率较高;环境温度的影响,如炎热季节比寒冷季节发生率高6%左右;性别和品种的影响, Judge等人(1959)报告,阉割的公猪发生率约为35.9%,而阉割的母猪发生率约为27.3%左右;同时,他对6个品种猪的背最长肌进行的研究发现,有轻微的色泽变化到严重的色泽变化的肌肉,波中猪发生率约为60%左右,约克夏猪约为16.4%,巴克夏猪约为20.7%,长白猪、汉普夏猪和带斑纹的波中猪其发生率约为41~48%。

表3 某些品种猪PSE肉发生率比较
(1962年国际种猪协会)

品 种	检查数 (只)	低质量肉 0.5~1.0(%)
汉普夏猪	28	25
波中猪	27	25.9
切斯特早熟白猪	15	18
杜洛克猪	21	14
约克夏猪	16	19
杂种猪	18	17

注: 0.5~1.0表示严重PSE肉的色泽和结构的标准。参照表2。

专家们综合评定认为,当低质量肉(0.5~1.0)超过15%,则确定为PSE胴体

另外,某些人为条件,也影响PSE肉的发生率,如混群可以打破正常的群体秩序,

猪之间发生严重的斗架;宰前猪体受到鞭抽、棒打、强烈驱赶、高温、长途运输等因素,这是一种伴随高度体力消耗的严重应激刺激,机体温度突然升高($P < 0.001$),心率加快($P < 0.001$),呼吸窘迫等。因而导致机体物资代谢发生异常,促肾上腺皮质激素(ACTH)分泌增加,糖原酵解过程加强,产生大量的乳酸和磷酸等酸性产物,使肌肉PH值迅速下降,水分由血液向肌纤维大量渗出,肌浆蛋白变性等。

六、PSE肉的鉴定

PSE肉的典型特征是 PH_1 和 PH_2 都低,尤其是 PH_1 表现明显。所以测定PH值的变化情况是诊断PSE肉的一个重要标准。关于PSE肉的 PH_1 和 PH_2 值界限标准虽有争议,但大多数人都把Briskey(1963)所测得的 $PH_1 < 5.8$, $PH_2 < 5.3$ 定为PSE肉。英国把 $PH_1 < 5.9$ 定为PSE肉,我国1987年也提出把 $PH_1 < 5.9$ 做为确定PSE肉的重要依据。

Tarrant(1981)对肉品研究机构进行的一次调查表明,各国确定PH值的界限都不一致,通常都在 $PH_1 5.8 \sim 6.0$, $PH_2 5.1 \sim 5.6$ 的范围之内。

O, S, Braathen(1988)、FiScher(1980)、Buchter(1981)等人确定PH值的两个界限,即 $PH 5.8$ 和 $PH 6.5$ 。把 $PH 6.0 \sim 6.5$ 定为正常肉, $PH_1 > 6.5$ 定为严重DFD肉, $PH_1 < 5.8$ 定为严重PSE肉,而把 $PH_1 5.8 \sim 6.0$ 定为轻微PSE肉。

测定 PH_1 值的时间,通常是在宰后30~45分钟内进行,也有宰后1小时测定的。 PH_1 值也受肌肉的解剖部位、冷却温度、冷却速度、环境温度等因素的影响, PH_1 值略有差异。

鉴定一个胴体是否PSE胴体,以哪块肌肉为标准,要根据肌肉的大小、解剖部位、测定PH值的难易程度来选择。通常以背最长肌为最佳。如宰后30分钟或45分钟所测得背最长肌的 $PH_1 < 5.9$,则认为是PSE胴体。

当然,此时的半膜肌、半腱肌、股二头肌等肌肉的 PH_1 值也小于5.9。

由此看来, PH_1 值是鉴定PSE肉的最可靠指标。必要时,也要结合观察肉的颜色、质地、水的含量和硫代巴比妥酸值(TBA)进行综合判断。

表4 宰后二小时正常猪和PSE猪背最长肌的比较。

项 目	正 常 猪	PSE 猪
PH 值	6.14	5.58
水分(%)	71.5	74.1
TBA值 (mg/kg)	0.195	0.234

注:此资料选自叶天俊《肉品研究》, 1988.6

七、PSE肉的预防

宰前用温和的方法处置待宰动物是避免和减少PSE肉发生的根本措施。其次是鉴别出已产生的PSE胴体,并寻求充分利用的途径。

1. 培育抗应激的动物品种。Ludvigsen(1958)证明,近亲系的猪(母 $\times$ 子,父 $\times$ 女),100%存在不同程度的PSE肉。同时,种公猪对后代产生PSE肉的影响较大。但是,所有证据表明,遗传和营养因素受环境影响较大。如何确定PSE猪种,可用氟烷气体使猪体麻醉,呈阳性反应者(能睡着的猪)是良好的猪种。PSE猪种则相反,呈阴性反应。有人尝试,采用育种方法来培育不发生PSE肉的抗应激猪种。

2. 加强宰前管理,避免和减少应激刺激。动物宰前应充分保持安静,避免捆绑、棍棒抽打及烈日下急速驱赶等强烈刺激,防止运输疲劳,保证待宰动物充分休息,以便恢复肌糖元水平。

3. 力图消除PSE肉发生的过程。实验证明,宰前24小时喂食者PSE肉的发生率(12%)比宰前12小时喂食者PSE肉的发生

率(24%)相差一倍,当天不喂食宰杀的猪,肉品质最佳。O.S. Braathen(1988)认为:平躺放血是自由的;吊挂放血,肌肉比较紧张,消耗能量多, PH_1 值明显低,易产生PSE肉。吊挂放血 $PH_1 < 5.9$,而平躺放血 PH_1 在6.3至6.4左右。烫毛的水温要适宜,烫毛时间不宜过长。有人实验以62℃热水喷淋5~9分钟为最佳。打毛机的力量要柔和,打重了容易产生应激(因刚宰杀的动物肌肉还存在痛感)。

4.修整后的胴体处理。热鲜胴体吊挂时切勿与墙设备外壳碰撞,以免肉质应激而劣化。肉尸冷冻要严格控制温度和时间。胴体冷却时,要尽量做到严格控制影响PSE肉产生的因素:

- (1)修整好的胴体要尽早尽快冷却;
- (2)选择适宜的风速、温度和湿度;
- (3)降温要迅速,缩短冷却周期;
- (4)胴体吊挂应均匀,有间隙,利于空气流通。

5.宰前一周在饲料中添加维生素E或硒,可以预防和减少PSE肉的发生。

八、问题

1.识别PSE肉的致敏源是十分重要的。迅速、简易、准确非杀伤性地诊断PSE猪,是迅速排除PSE肉的关键。它可为培育抗应激敏感动物创造条件,从根本上消除PSE肉。

2.如何利用PSE肉这也是一个极需解决的问题。在国外,有些国家将严重PSE肉销毁或做饲料用,也有的用它做干香肠。当做干香肠时,掺入一定量的PSE肉,有利于水分外渗,香肠干燥快,可缩短生产周期。在我国,对PSE肉的利用还没有明确的规定。

3.在生产的各道工序中,如何控制和减少PSE肉的发生,也是一个急待解决的问题。

参考文献:

1. Lawrie, R.A. Meat Science (4th edn), 1985.
2. Lundström, K., Bjärstorp, G. & Malmfors, G. (1984). Proc. Sci. Meet

Biophysical PSE—Muscle Analysis, Vienna, 311.

3. Chadwick, J.P. Meat Sci. 1983; 9: 101~111

4. Brissleg, E.J. Advances in Food Res, 1964; 13: 90~168

5. Mitchell, G. 同上 1982, 28: 167~217

6. Gray, J.I. 同上 1982; 29: 1~72

7. Artru, A.A. and Gronert, G.A. 1980; cerebral metabolism during porcine MH. Anesthesiology 53, 121~126

8. Bate-Smith, E.C. 1947. Rigor mortis and adenosine triphosphate J. physiol. 106, 177~185

9. Beldavs, J., Small, V. 1971. Postoperative MH. Anaesth. Soc. J. 18, 202~212

10. Cassens, R.G. 1978. Animal physiology and meat quality. Adv. Food Res. 21, 71~155

11. Cheah, K.S. and Cheah, A.M. 1976. The trigger for PSE condition in PSS. J. Sci. Food Agric. 27, 1137~1144

12. Denborough, M.A. 1970. Myopathy and MH. Lancet, 1, 1138~1140

13. Dimarco, N.M., Beitz, D.C. 1976 Gluconeogenesis from lactate in liver of pss and PSR. J. Nutr. 106, 710~716

14. Eikelenboom, G. 1973. Mitochondrial metabolism in pss. J. Anim. Sci. 37, 692~696

15. Eikelenboom, G., and Weiss, G.M. 1972. Breed and exercise influence on T₄ and PSE. J. Anim. Sci. 35, 1096

16. Gericke, M.D., and Hofmeyr, J.M. 1976. Aetiology and treatment of capture stress and myopathy in springbok. S. Afr. J. Sci. 72, 28

结 缔 组 织 与 肉 质 (下)

英国肉类研究所 Allen J. Baily 著

南京农业大学畜牧系周光宏译

2.5. 热学特性

胶原蛋白在加热后变性, 并因为它的部分结晶态特性而在65℃左右收缩形成不溶解的明胶。此时, 胶原蛋白原有的不可伸张、组织紧凑的纤维转变成杂乱组成的弹性纤维。胶原蛋白的溶解、收缩而引起的张力强度是由其交联性质所决定。已证实, 脱氢—HLNL交联遇热不稳定, 在超过最高张力时容易断裂导致张力大幅度下降, 因而由它形

成交联的组织在等长情况下所产生的张力尚不能达到它原有潜力。而脱氢—DHLNL遇热稳定, 由它形成交联的组织可以达到最大张力, 交联破裂很少, 继续加热, 张力只有很小程度的放松。随着年龄的增长, 多价键横向交联形成, 遇高温后可产生非常大的张力, 并且张力的松弛程度减小(图4)。保留的余留张力说明尽管纤维已变性, 但它们有较大的机械强度, 这可用变性纤维上保

17. Giosa, N. 1975. Procaine for MH. N. Engl. J. Med. 292, 869~870

18. Cassens, R. G., Marple, D. N. Adv. in Food Res. 1975; 21: 72~139

19. Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of PSE porcine musculature. Advan. Food Res. 13, 89

20. Dalrymple, R. H. 1969; incidence of PSE pork in midwestern and southern hogs. J. Anim Sci. 29, 120 (abstr.)

21. Sair, R. A., Briskey, E. J. 1972. Metabolism and histochemistry of skeletal muscle from pss. J. Food Sci. 37, 659

22. Sybesma, W. 1969, MH. Syndrome in Pigs. Neth. J. Vet. Sci. 2, 155

23. Sybesma, W. 1970, Stunning procedures and Meat quality. proc. Eur. Meeting Meat Res. Conf, 16th, 1970

24. 杨为益, 减少屠猪 PSE 肉的屠宰技术, 肉品卫生, 1989; 55(1): 28~31

25. 叶天俊, 四川绵阳地区屠宰猪 PSE 肉的调查研究, 肉品卫生, 1988; 48(6): 9~11

26. 许益民, 猪背肌坏死 (BMN) (文献综述, 肉品卫生, 1989, 58(4): 21~26

27. 前田博之等, 异常肉屠猪的血液和肌肉的生化性质, 肉品卫生, 1988, 43(1): 19~23.

28. 张凤宽, 猪的应激综合症, 肉类研究, 1988, 3(1): 1~4.

29. 徐永平, 李淑英, 关于 DFD 肉的研究 (综述), 肉类研究, 1988, 5(3): 1~4

30. 吴信法, 宰后肌肉生物化学的研究进展, 肉类研究, 1987, 1(1): 17~19.

31. 丛恕增, 王泉清, 猪白肌肉的发生与预防, 肉类研究 1987, 1(1): 50~51.

32. O, S, Braathen. 当代肉品加工技术, 中国肉食品综合研究中心培训部, 1989 1~9.

33. Bučar F. 等, 1982, Kakovost mišičnine, 卢布尔亚那大学学报.

34. Bučar F. 等, 1984, Strani Sindromi kod Svinja. 同上.

35. Bučar F. 等 1981, Kakovost mišičnine, poročilo za RSS.