

关于DFD肉的研究(综述)

吉林农业大学 徐永平 李淑英

一、引言

目前,肉牛生产和肉牛市场面临的肉质问题就是色深、质硬和干燥的DFD (Dark Firm Dry) 肉 (Tarrant, 1981)。由于DFD肉具有外观不佳、香味不浓、加工成品货架寿命不长等缺点,在市场上缺乏竞争力,故售价低于正常肉。同时,又由于近年来DFD肉的发生率不断增高,常超过30%,不仅使肉牛生产者蒙受了巨额的经济损失,同时也给肉品加工者带来了很大麻烦。有鉴于此,许多国家,特别是主要的肉牛生产国都加强了对DFD肉的研究 (Tarrant, 1980)。

人们对DFD现象的认识要先于对PSE现象的认识。最初多见于牛、羊,后来亦见于猪,因此,DFD现象随年代而有不同的称谓,Guilbert (1937) 夸张性地将其称之为黑色切块牛肉 (black-cutter beef, BCB), 稍后, Hall (1944) 客观地将此称为深色切块牛肉 (dark-cutting beef, DCB), 再后, 由于发现牛、羊、猪均有此种异常现象, 故统称其为深色切块肉综合症 (dark cutter syndrom, DCS), 后来, 逐渐经过深色切块肉 (dark-cutting meat, DCM), 最终演变成现在通用的称谓即DFD肉。

二、DFD肉的特征

DFD肉的典型特征最终PH (ultimate PH) 高, 肉色深, 肌纤维膨胀, 糖元和糖酵解产物少, 系水力高, 货架寿命短 (罐装食品等), 味道平淡, 嫩度差。

DFD肉的最高PH高。所谓最高PH也叫PH₂ (相对于宰后45分钟测得的PH₁而言), 是指宰后胴体冷却8—48小时所测得的相对稳定的PH值。PH₂与育种、肌肉类型、遗传因子、糖元水平、酶活性、肌红蛋白浓度、离子浓度以及肌肉的缓冲能力有关。正常动物的PH₂在5.8—6.2之间, DFD肉由于屠宰时肌糖原水平低, 乳酸形成少, 故最高PH高。

DFD肉肉色较深。由于最高PH高, 细胞色素氧化酶活性增强, 致使鲜红色的氧合肌红蛋白含量下降, 紫红色的去氧肌红蛋白含量增加, 以致肌肉呈暗红色。另外, 由于PH₂很高, 会改变肌红蛋白的消光性, 也是导致肌肉表面变成暗红色的原因 (Ashmore等, 1972)。

DFD肉系水力较高。由于DFD肉的PH₂高于肌肉中各种蛋白质的等电点, 所以肌肉中的蛋白质不发生凝集, 与肌肉中的游离水结合得非常牢固, 故系水力强, 烹饪损耗小。Hamm (1972) 发现, 当PH在5.0~8.0之间时, 鲜肉的保水力随着PH的增高而增高。DFD肉的烹饪损失约为10%, 远低于正常肉的20~25%。故DFD肉的高系水力在生产熟肉制品时常占有优越性, 但却给鲜肉的生产者带来损失。

DFD肉香味不浓。这有几种学说, 一种认为是由于DFD肉中含碳水化合物极少的缘故。正如Laser Reuterswarc等(1981)所报道的那样, 肌苷酸对肉味具有重要作用, DFD肉中糖类化合物的含量不如正常肉畜高, DFD肉很难棕色化, 美拉德反应的产物 (maillard Products) 不如正常肉的多, 故乏味。另一种学说认为DFD肌纤维的膨胀结构妨碍了与香味物质的接

触,以致使味觉感受器得不到香味物质的刺激(Lawrie,1979)。第三种看法认为,PH5.5~5.8的牛肉与PH高于6.0的牛肉,二者烹制产生的挥发性物质有本质的差异。Poehast等(1976)认为,最终PH高的肉乏味是由于宰后生化过程中产生的降解产物异常少的缘故。

新鲜DFD肉比正常肉嫩,但由于DFD肉在贮藏或成熟期间平均只嫩化两个单位,而正常肉平均嫩化四个单位,所以贮藏14天以后,DFD肉与正常肉这种嫩度差异即行消失,而如果对胴体施以电刺激,则在贮藏5天后嫩度差异便不复存在。品尝试验发现,DFD肉容易嚼碎,残渣也少,Bauton等(1957)也发现最终PH为6.8的极度DFD肉过于嫩,有一种类似胶冻的粘稠性,口感差。

烹饪以后,可以看到DFD肉和正常肉还有另外的差异。DFD肉的红区和灰区之间的过渡非常明显,这可能是由于烹饪期间肉在热传递方面差异造成的。DFD肉的“关闭型结构”(closed structure)和高保水力可能改变热交换的条件和机制,热除以传导方式传递外,也可以通过对流方式传递(Godsall等,1977;Ledward,1979)。但热的对流传递必须以含有一定量的游离水为前提。DFD肉中游离水的含量非常少,相应的却含有大量的、水合的和膨胀的蛋白质胶体,可以假定在烹饪期间由于温度或多或少的变化,某些蛋白质发生变性,结果DFD肉中就会形成对流小室(convection cells)。这就意味着在某些点热传递的速率发生了突然的变化,于是就会在肉的热处理期间形成一个陡直的“S”形温度变化曲线,导致样本肉中的热量中心和几何中心形成温差,因而造成DFD肉的温度比正常肉高,影响了切割力值的重复性。

三、DFD肉发生机制

关于DFD肉发生的机制问题,许多学者进行过探讨。早在1935年Mackintosh等认为BCB是一种影响血红蛋白状态而不是血红蛋白数量的未知因子造成的。稍后,Guilbert(1937年)认为年龄、锻炼、激动、饲养、延迟放血和某些色素不是造成BCB的主要原因,他认为这种现象可能是由于未知的遗传因素造成的。后来,Lawrie(1958)和Hedrick等(1959)将DCB(dark-cutting beef)的发生和应激联系了起来,认为锻炼和营养性应激虽然二者单独并不一定足以造成DCB,但当二者同时作用时,就会增加DCB的发生率。有人认为,单纯劳役可以造成DFD肉。而实际上单纯劳役只能造成某些肌肉的糖元暂时耗竭而另外部分尚存大量糖元,所以这种耗竭很快就能恢复正常水平,不足以造成DFD肉,只有应激造成的糖元耗竭才很难恢复(往往需要几天之久才能恢复常态)(McVeigh等1981)。

根据近来许多学者的研究成果和最新资料,人们已经确信,肾上腺素对肌肉组织中的一种限速酶——糖元磷酸化酶起激活作用,因而可加速糖元代谢。在由各种因素(不良的圈舍条件、饲养方法不当、长途运输、囚禁时间过长、混群造成的争斗等,造成的持久性应激条件下,肾上腺素分泌量大增,于是,糖元磷酸化酶的活性增强,肌糖元就有可能被耗尽。如果屠宰时糖元耗尽,显而易见就会导致胴体较高的最终PH值(宰后48小时)。因为正常情况下宰后相对较低的PH值是靠糖元的无氧酵解作用形成的。有人通过在宰前24小时皮下注射肾上腺素的方法已成功地人工诱发产生了DFD肉,并且用试验方法诱发产生的DFD肉与自然条件产生的极为相似,证明这种理论是成立的。

DFD肉最终PH高和其肉色较深的关系已引起了人们的注意。Lawrie(1958)研究表明线粒体中的细胞色素氧化酶在高PH值时比在低PH值时活性更强,并推测DFD肉由于耗氧量增多,脱氧肌红蛋白也增多,结果形成的不是氧合肌红蛋白的鲜红色肉而是脱氧肌红蛋白的

从深红到紫黑色的DFD肉。后来, Ashmore等(1972)从正常肉和DFD肉中分离出了线粒体, 结果发现, 正常胴体由于宰后PH较低, 立即阻止了线粒体的呼吸作用, 而在DFD胴体宰后至少五天, 线粒体仍有继续耗氧的能力, 这就解释了DFD肉色深的现象。

四、影响DFD发生率的主要因素

凡是能够造成宰前应激并使屠宰时动物肌糖元耗尽的因素, 均对DFD的发生有影响。

混群可以打破正常的群体秩序, 在重建群体秩序的过程中会发生严重的争斗, 这是一种伴随高度体力活动的严重行为应激。结果造成体温升高($P<0.001$), 心率加快($P<0.001$), 肌糖元水平降低到只相当于对照组的41%, 而且恢复常态很慢(恢复期的第一天糖元含量稍有提高, 约为对照组的45%, 恢复期的第二天其值相当于对照的70%, 恢复到第七天时两组差异仍然显著)。这样的动物宰后极易形成DFD肉。Fjelkner modig等就是利用混群的方法, 人为造成应激, 以获得DFD肉, 供做电刺激对DFD肉影响的研究。

急剧的温度变化和长途运输足以使DFD肉的发生率提高。比如, 美国一屠宰场发现, 其在7、8、9三个月中从一沿海育肥场运来的牛总是发生DFD肉, 而该育肥场7、8、9三个月的气温比屠宰场相应月份的气温平均低25—30°, 这种高温应激和疲劳就会提高DFD的发生率。

DFD在牛、羊、猪中均有发生, 其中以牛发生率最高, 羊次之, 猪最低。据对18个国家肉品研究机构的调查表明, 究竟哪个品种最容易形成DFD肉, 各学者意见不一, 尚需进一步探讨。

胴体内不同部位的肌肉, 对DFD的敏感程度不同。Fjelkner—modig(1983)用牛做的研究表明, 如果宰后背最长肌是DFD肉, 那么半膜肌、股二头肌肯定是DFD肉, 但臂三头肌一般不形成DFD肉。许多研究机构和学者都证明不同部位的肌肉对DFD敏感程度不同, 有些较敏感, 有些较迟钝。

宰前注射肾上腺素。宰前应激使肾上腺素分泌过多, 以至造成宰前糖元耗竭, 故宰前注射肾上腺素, 可以产生与自然应激相同的结果——形成DFD肉。

电刺激对DFD的发生率无影响。

五、DFD肉的鉴定

DFD肉的典型特征就是最终PH高, 所以测定PH是鉴定DFD的常用方法。关于DFD肉最终PH界限的观点很多。Angustini等(1979)以PH5.9作为界限, 最终PH5.9以上为DFD肉。而Tarrant(1980)以PH6.0为界限。Tarrant(1981)对肉品研究机构进行的一次调查表明, 各单位应用的界限不一致, 从5.8到6.3皆有应用; 其它一些作者(Taylor等1977, Puolanne等1980, Fischer等1980, Buchter1981)用二个界限, 即PH5.8和6.2, PH小于等于5.8者为正常肉; PH大于等于6.2者为严重DFD肉, 大于5.8而小于6.2者为轻度DFD肉。Fjelkner—Modig(1983)等认为DFD的科学定义应是宰后最终PH ≥ 6.2 的肉, 对于最终PH介于5.8和6.19之间的肉需要进一步研究。

测定最终PH值的时间, 最常用的是屠宰后24或48小时, 当然特定一块肌肉达到最终PH的时间也将随这块肌肉的特性、所处部位的深浅而变化, 高温使PH下降更快。

Buchter(1981)认为, 鉴定DFD胴体的最佳方法是在宰后两天或更晚一些时候测定背最长肌的PH值。

鉴定一个胴体是否为DFD胴体时, 以哪块肌肉为标准, 要根据肌肉的大小、解剖部位和

测定PH的难易程度来选择,一般以背最长肌为佳。如果宰后48小时背最长肌PH高于5.90,则股薄肌、半腱肌、内收肌和臀中肌的PH也高于5.90的概率为95%,而半膜肌、腰大肌、股二头肌PH值高于5.90的概率分别为77%、70%和57%。另外,Tarrant(1980)认为,当背最长肌PH高于6.0时则半腱肌、半膜肌、内收肌和臀中肌发生DFD的概率很高,但腰大肌和股二头肌发生概率较低。

由此看来,最终PH值是鉴定DFD肉的最可靠指标,但在生产条件下达最终PH需时长,不能进行快速鉴定。所以,近年来有人根据电刺激可以加速宰后家畜(包括应激家畜)肌肉的代谢过程而不改变代谢类型,特别是不改变肌肉的最终PH值(Bendall 1973,1980)以及电刺激对DFD发生率无影响(Dwtson等1981)的观点,尝试用电刺激的方法来加速PH下降,使其尽早达PH₂,这样就有可能在宰后一个小时,根据背最长肌PH,并用PH6.2这一界限将DFD胴体与正常胴体区别开来。

由于DFD是由宰前糖元贮存耗竭所致,故认为aw肌纤维比例相对较高(主要依赖于糖酵解产能的肌纤维)的家畜,对应激更敏感,这为DFD家畜的活体鉴定提供了可能,今后可望在此方面有所突破。

六、DFD肉的预防

宰前用温和的方法处置家畜,避免或减少DFD的发生,这是根本。其次就是鉴定出已产生的DFD胴体,并寻求充分利用的途径。

(1)培育应激抵抗家畜。据国外四个肉类研究机构的研究表明,双肌(double-muscling)品种,牛肌肉中含aw肌纤维的比例极高,而含该种肌纤维比例高的动物,在生理和心理应激条件下,DFD发生率较高(Ashmore等1969)。有人尝试,采用育种措施来培育不发生DFD现象的应激抵抗品种。

(2)在力图消除DFD肉发生的过程中,人们曾使用镇静剂,注射氢化可的松、胰岛素以抵销肾上腺素的影响(Hedrick等1958),但均告失败。Ashmore等人(1973)总结前人教训,认为肾上腺素是通过与细胞膜上的特殊受体的结合而对肌细胞糖元代谢起调节作用的,故采用一种β-肾上腺素能受体阻滞剂心得宁(DL-propranolol)于宰前48、40和20小时按110mg或220mg/100公斤剂量给羊注射,结果成功地防止了试验性(注肾上腺素诱发)DFD肉,宰后48小时其PH为5.8,而只注射肾上腺素的羊宰后48小时PH值平均为6.6,产生严重的DFD肉。该方法在DFD发生率极高的情况下使用最为有效。

(3)加强宰前管理,避免宰前应激。肉畜在出栏至宰杀一段时间内应保持安定,防止运输疲劳、避免棒打捆绑等,一般以在育肥场就地屠宰为佳。若集中宰杀,应于宰前进行休息以便恢复肌糖元水平,而且一定要杜绝陌生家畜之间的混群,因为混群的行为应激极易造成DFD肉。

(4)针对DFD动物宰前肌糖元贮备低的特点,于宰前给动物补糖,可以降低DFD发生率,该方法对猪效果较好,而对天生血糖低,糖元恢复速度极慢的反刍动物(牛、羊)效果差。

七、问题

DFD肉的早期快速鉴定方法,特别是用电刺激缩短达最终PH时间的方法将进一步完善,要弄清电刺激后多长时间的PH最能代表最终PH。

DFD活体鉴定将是研究的重点,这一技术如过关,即可为培育应激抵抗家畜创造条件,从根本上解决DFD问题。(下转13页)

受蛋白质等电点的影响极大地减少,从而制品的持水性进一步得到提高。

3. 多聚磷酸盐增强原料肉的离子强度。

原料肉环境中的离子强度需要达到0.8—1.0左右时,活性蛋白质才容易析出。肉组织本身的离子强度为0.2,其余所需增加的离子强度很大程度上由食盐提供。但据离子强度公式 $I = \frac{1}{2} \sum C_i \times Z_i^2$ (I 为离子强度, C_i 为离子浓度, Z_i 为离子电荷数)推算,要获得满意的效果,食盐的添加量应高达5.0%左右,而这个浓度是不易被消费者口味所接受的,同时也不符合健康食品的要求。多聚磷酸盐由于可以解离出多价极性离子,在浓度较低的情况下也能赋予环境较高的离子强度,因此在西式火腿加工中作为离子强度增进剂很理想,这是这类添加物提高西式火腿持水性较为熟悉的一个机制。

4. 多聚磷酸盐促进加工过程中的乳化作用。许多食品的加工过程常常是一个包含蛋白质、脂肪、水分和其它添加物的多相体系。西式火腿加工中的乳化,是指这个多相体系在机械和化学作用的影响下,活性蛋白包绕脂肪微滴的过程。西式火腿加工中的游离蛋白,特别是其中的肌球蛋白能够在脂肪颗粒周围迁移、定位、系联和伸展,从而在脂肪的周围形成紧密的膜性物质,结合成统一的整体。在加热过程中膜状物质发生凝固,接着产生凝胶作用构成蛋白质矩阵,强

有力地束缚了脂肪、水份,成为稳定的乳化体系。

多聚磷酸盐在西式火腿加工过程中能解离出多价阴离子,它们能聚集在阳离子的周围,同时,分子的游离端和水分子相结合,这种功能强化了盐溶性蛋白质的作用,使乳化态更加稳固,进一步提高了产品的持水性能。

多聚磷酸盐还可以通过螯合 Ca^{2+} 等金属离子形成毛细管作用及其它方面的机制,提高西式火腿的持水性。但是总的来说,不同种类的多聚磷酸盐表现在各方面的性能不一,因此在实际生产中宜采用复合盐类,使它们作用互补,以满足预期的加工目的要求。

在现代大规模的西式火腿生产中,由于新工艺的不断引入和添加物功能的新发现,使产品加工由传统经验型向科技指导型转化,因此,只有深入研究分析各个工序、各种添加物的作用机理,才能使西式火腿具有良好的持水性和其它优良性状。

主要参考文献

沈同等《生物化学》,高等教育出版社,1980;

B.A.Foxand A.G.Gameron《食品科学的化学基础》,科学出版社,1983;

John N.Sofos Use of Phosphates in Low-Sodium Meat Products, Food Technology, Sept, 1986.

(上接第4页)

如何利用已产生的DFD肉?这里有两个问题需要解决。一是DFD肉的乏味;二是真空包装的DFD肉货架寿命短。

肉质研究在我国刚刚起步,国外许多培育品种易发DFD已十分明确,但关于DFD肉在我国本地品种家畜的发生率问题尚未见报道,故需先弄清基本情况。为了既能提高瘦肉率,又能保证肉质,有必要借鉴国外的经验,对DFD肉在我国家畜的发生情况做广泛的研究。