

矿物质饲料添加剂对猪肉品质的影响*

程 思¹, 胡卫国², 殷 红¹, 葛长荣^{1**}

(1. 云南农业大学食品科学技术学院, 云南 昆明 650201;

2. 云南省楚雄州原种猪场, 云南 楚雄 675000)

摘要: 肉品是由饲料经畜禽消化吸收转化而来, 饲料中营养物质的水平和类型直接影响着肉品质量。综述了矿物质饲料添加剂对猪肉质的影响。

关键词: 矿物质元素; 猪肉品质; 添加剂

中图分类号: S 816.71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2006)03-0341-05

The Review on Effect of Mineral Additives on Porcine Meat Quality

CHENG Si¹, HU Wei-guo², YIN Hong¹, GE Chang-rong¹

(1. College of Food Science and Technology, Y A U, Kunming 650201, China;

2. Pig Breeding Farm of Chuxiong, Chuxiong 675000, China)

Abstract: Meat product is converted from the diet which animal digest and abstracts. The levels and ingredients of diets affect meat quality. This paper reviews the effect of mineral additives on porcine meat quality.

Key words: mineral additives; porcine meat quality; additive

肉品质量主要由肉品的理化性质决定。肉品的化学成分与其营养价值关系密切;肉品的物理指标如颜色、持水性、嫩度和多汁性等直接影响着消费者对肉品的接受程度。在规模化饲养体系中,畜禽主要通过配合日粮维持生长和生产,日粮中营养物质的水平决定着肉品中营养素的含量。因此,肉品的质量直接受日粮的影响,通过营养调控可保持和提高肉品的质量,本文着重论述日粮中矿物质元素对肉品质量的影响。

1 镁

在运输、转群和屠宰过程中畜群很容易发生应激反应,机体分泌大量的肾上腺素,分解体内肝糖原和肌糖原,从而影响屠宰后肉品的酸化速度和程度,对肉品产生不利影响。如果应激时间过长。肌糖原消耗待尽,就会导致暗色、坚实、干燥肉(dark,

firm and dry, DFD)。如果应激是在接近屠宰时或在屠宰时发生,糖酵解速率较高,就会导致灰白、柔软、渗水肉(pale, soft and extrudative, PSE)。

应激时动物释放儿茶酚胺类激素,该激素的一个作用是刺激糖酵解。屠宰前饲料添加高水平镁能缓解应激,减少儿茶酚胺类激素的释放,具有改善猪肉品质和减少 PSE 肉发生的趋势,特别是对应激敏感猪。镁的这种效果在天门冬氨酸镁、硫酸镁和氯化镁试验中都得到证实^[1,2]。镁改善猪肉肉质的试验结果见表 1 和表 2^[3]。

从表 1 可以看出,与股二头肌相比背最长肌具有较高的 pH 值(宰后 40 min);试验组宰后 40 min pH 值和宰后 24 h pH 值都高于对照组,试验组背最长的滴水损失明显高于对照组,对照组实验组($P < 0.05$),但股二头肌没有显著性差异;试验组的 PSE% 为零。D' SOUZA 等^[1]的试验结果与 D' SOUZA 等^[2]结论一致,

收稿日期: 2005-11-03

* 基金项目: 云南省“十五”科技攻关资助项目(2001NG40)

** 通讯作者

作者简介: 程思(1977-),女,硕士研究生,四川人,主要从事农产品加工与贮藏研究。

D'SOUZA 等指出在饲料中添加镁可以减少 PSE 的发生。然而, VAN L 试验结果显示, 饲料中添加硫酸镁

对猪肉品质没有影响^[4]。这可能与猪日龄、日粮镁添加水平和镁元素添加形式有关。

表 1 日粮补充天冬氨酸镁对猪肉品质的影响^[1]

Tab. 1 The effect of dietary magnesium aspartate (MgAsp) supplement on pork quality

项 目 item	普通饲料 normal feed		普通饲料 + 天冬氨酸镁 normal feed + MgAsp		P 值 P value		
	低应激 low stress	高应激 high stress	低应激 low stress	高应激 high stress	日粮 diet	应激 stress	肌肉 muscle
pH ₁ (45 min)							
背最长肌 longissimus dorsi	6.60	6.59	6.79	6.69	0.018	0.045	<0.001
股二头肌 biceps muscle	6.54	6.42	6.62	6.49			
pH ₂ (24 h)							
背最长肌 longissimus dorsi	5.48	5.51	5.61	5.57	0.017	0.434	0.670
股二头肌 biceps muscle	5.53	5.50	5.58	5.54			
颜色(L*) CIE colour scale							
背最长肌 longissimus dorsi	48.7	49.1	45.2	47.4	0.042	0.047	<0.001
股二头肌 biceps muscle	44.0	45.7	44.0	45.3			
滴水损失/% drop loss							
背最长肌 longissimus dorsi	4.0	6.4	3.5	3.5	0.054	0.003	0.437
股二头肌 biceps muscle	3.0	4.8	2.2	4.7			
PSE/%	8	33	0	0	0.050	0.280	

表 2 硫酸镁对猪背最长肌肉质特性的影响^[3]

Tab. 2 The effect of Sulfate magnesium on the eating quality of longissimus dorsi

项目 item	饲喂时间 time/h				SEM
	0	2	3	5	
pH	5.38	5.42	5.40	5.43	0.023
颜色(评分) colour (score)	2.65 ^{bc}	2.76 ^c	2.39 ^b	2.81 ^c	0.112
硬度 hardness	2.02 ^b	2.58 ^c	2.20 ^{bc}	2.42 ^c	0.124
滴水损失/% drop loss	8.98 ^c	7.29 ^b	7.89 ^{bc}	7.41 ^b	0.447
失水率/% water loss rate	2.12	2.03	2.25	2.01	0.131
颜色(色差仪) colour (CIE colour scale)	L* 55.7 ^c	52.8 ^b	55.5 ^c	53.9 ^{bc}	0.738
	a* 7.4	7.7	7.3	7.3	0.22
	b* 15.3	15.0	15.1	14.9	0.22

HAMILTON 等^[3]验证了笔者的推测,从表 2 试验结果显示,日粮添加硫酸镁,猪肉 pH 值、大理石纹, a*, b*, 失水率无显著性差别。饲喂 2 d 和 5 d 的肌肉硬度较高,滴水损失和 L* 较低。

2 硒

硒是动物机体必需微量元素。在机体内,硒和维生素 E 都是体细胞重要的抗氧化剂。维生素 E 定位于细胞膜上,可阻断膜上已形成的过氧化物,是抗氧化的第一道防线。硒是体内磷脂谷胱甘肽过氧化酶 (PGSH-Px), 谷胱甘肽过氧化酶 (GSH-Px) 的重要组成部分,能清除胞内已形成的过氧化物。构成体内抗氧化的第二道防线。因此,硒与维生素 E 相互协作,共同维护细胞内氧化还原体系的平衡。适当提高日粮中硒水平增强机体抗氧化能

力,保持组织细胞膜的完整性,降低滴水损失,有效保护了贮存过程中肉品质量。MUNON 等(1996)报道有机硒能显著降低猪背最长肌滴水损失,减少PSE肉,改善肉的嫩度^[5]。

3 铜和铁

铜和铁是机体 Fe-SOD, Cu-SOD 的重要组成部分,能将超氧阴离子还原为羟自由基,羟自由基在过氧化氢酶或过氧化物酶的作用下生成水。因此,提高在饲料中铜和铁的添加量,可增强肌肉中超氧化物歧化酶的活性,减少自由基对肉品的损害,从而改善肉品质量^[6]。

另一方面,铁和铜也是肌肉中脂质氧化的催化剂,通过 Fenton 类反应,铁和铜可大大加速脂质氧化速度。因此,多数学者认为提高饲料中铁和铜的添加量,可加快肉及肉制品酸败的速度;在育肥后期,使用高铜后,背最长肌粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量未发生显著的变化,但猪肌肉中失水率升高,大理石纹评分和色泽呈下降的趋势。AMER 等(1973)研究结果表明,日粮中添加高水平铜(200或250 mg/kg)可显著降低猪背膘脂肪的熔点,同时提高了猪肉中不饱和脂肪酸的比例,因而猪肉的氧化稳定性也降低了。KANNER 等(1990)指出宰前5周将铁从火鸡饲料去掉。肌肉中铁含量没有显著变化,但贮藏过程中肌肉 TBARS(硫代巴比妥酸反应物)含量明显降低了。

总之,铁和铜对肉质的影响取决于两个过程:由铁铜组成的酶的抗氧化过程和铁铜催化脂肪氧化过程。畜禽屠宰后,由铁和铜催化的脂质氧化过程中起主导作用,FeCu-SOD 的抗氧化作用减弱。因此铁铜对熟化和贮存过程中的肉品质量有不利影响,但铁铜的添加效果和对肉质影响机制有待于进一步研究。

肌肉组织的颜色是由肌红蛋白和残留在毛细血管里的红细胞的血红蛋白构成。肉中的肌红蛋白的含量相对稳定,而血红蛋白含量的变化很大。铁是组成血红蛋白的重要组成成分,因此,铁是动物机体肉颜色的决定性因素。饲料中缺乏铁会降低肌肉中肌红蛋白和血红蛋白的水平,从而降低了肌肉的颜色评分。

高铜对胴体的脂肪组织有影响^[7]。铜可能通过增加脂酰脱饱和酶系的活性和改变甘油三酯分子中特定脂肪酸的位置使胴体脂肪变软(PETHICK 等,1997)。饲料高铜以两种途径降低胴体脂肪的

氧化稳定性。首先,高铜导致体脂不饱和脂肪酸增加,后者对氧化更敏感;其次,铜在组织中可作为氧化的催化剂(MORRISSEY 等,1998)。

4 铬

铬作为动物机体必需的微量元素之一,主要是通过葡萄糖耐量因子协同或增强胰岛素的作用,影响糖、脂类、蛋白质和核酸的代谢^[8],改善肉色和肌肉大理石纹,显著降低肌肉失水率、滴水损失率。铬对猪肉品质的影响见表3^[9]。

从表3可以看出,饲喂添加了丙酸铬饲料的猪的大理石纹明显增加,腰大肌的水分含量和解冻损失明显减少($P < 0.05$)。高能量组的温度和剪切力呈下降的趋势,但L*呈上升趋势。其余的指标为发生显著性变化。

铬可以通过激活胰岛素与细胞膜间的二硫键,增强胰岛素与特异性受体的结合力,从而增强胰岛素的敏感性,改善葡萄糖的耐受量和肝糖原的合成,加快血液中葡萄糖的清除率。它解释了血清中葡萄糖含量下降的原因,这是自1959年第1次提出GTF以来一直用来解释铬与胰岛案相关性的理论,但最近DSVIS和VINCENT指出,铬与胰岛素相关机制是通过一种被称为低分子质量的络合物实现的。该络合物是哺乳动物的一种寡肽,由甘氨酸、半胱氨酸、谷氨酸和天冬氨酸组成,分子质量约1500,其主要功能是激活胰岛素受体的酪氨酸激酶和膜的磷酸酪氨酸磷酸的活性,从而对胰岛素作出应答。血清中尿素氮水平反映了血液中氨基酸合成蛋白质效率的高低。PAGE等报道添加酵母铬制剂可降低血清尿素氮,显著提高血清总蛋白含量以及日增重、料肉比,改善肉品质,这说明在饲料中添加铬后,猪体合成蛋白质能力有所增强,从而提高了氮的吸收、利用率,使其代谢产物明显减少,有利于蛋白质的合成和沉积,表现为肌肉量增加^[10]。饲料中添加吡啶羧酸铬对猪腰大肌的保水性没有影响;但是有些研究表明饲料中添加铬会影响猪肉的品质。BOIEMAN等报道,饲料中添加吡啶羧酸铬对猪腰大肌的保水性和感光品质没有影响,但是在肥育期间给猪饲喂添加了铬的饲料剪切力会增加^[11]。O'QUINN等报道,在饲料中添加吡啶羧酸铬可以减低滴水损失,减少大理石纹;在饲料中添加烟酸铬会是腰大肌的颜色变暗;在饲料中添加丙酸铬可降低猪的解冻损失^[12]。

表 3 丙酸铬和能量对猪肉品质的影响^[10]

Tab. 3 The effect of propionic chromium and dietary energy on the pork quality

项目 item	铬添加水平/(mg·kg ⁻¹) The level of chromium added				SEM	P 值 P value		
	0		20			铬 chromium	能量 energy	交互 interaction
	能量水平 Energy level							
	低 low	高 high	低 low	高 high				
pH ₁ (40 min)	5.89	5.91	5.88	5.94	0.06	0.49	0.87	0.72
pH ₂ (24 h)	5.57	5.58	5.58	5.58	0.02	0.80	0.84	0.74
颜色(评分) color(score)	2.46	2.42	2.22	2.33	0.09	0.72	0.11	0.43
颜色(色差仪) color(CIE color scale)								
L*	54.75	56.18	56.96	56.47	0.63	0.47	0.07	0.15
a*	2.52	2.69	2.48	2.89	0.24	0.26	0.75	0.65
b*	12.44	13.03	12.91	13.09	0.30	0.22	0.40	0.51
硬度 firmness	2.63	2.69	2.58	2.89	0.12	0.15	0.54	0.35
大理石纹 marbling score	1.65	2.06	1.58	1.75	0.11	0.03	0.12	0.31
水分含量/% moisture	74.19	73.84	74.24	73.89	0.15	0.04	0.84	0.34
束缚水含量/% binding water content	87.76	87.59	86.90	87.56	0.59	0.69	0.47	0.49
解冻损失/% thaw loss	17.82	15.69	17.32	16.46	0.64	0.04	0.84	0.34
蒸煮损失/% cooking loss	16.58	16.89	16.54	17.28	0.62	0.42	0.79	0.74
总的损失/% total loss	34.40	32.58	33.86	33.74	0.60	0.13	0.62	0.18
剪切力/kg shear force	4.27	4.11	3.92	3.97	0.12	0.67	0.06	0.39

另外,ANDERSON(1997)的研究表明,猪饲料中添加铬(吡啶羧酸铬)时,猪肾,肝中铬的含量提高,而心脏及肌肉(眼肌)内含铬量则无显著变化,故添加铬不会引起猪体内残留过多的铬,不会因此导致人每天食入的铬过多^[13]。

5 砷

砷俗称砒霜,是不纯的三氧化二砷。砷为原生质毒,大量能使细胞坏死。但在小剂量下能刺激代谢机能旺盛,有明显的促生长作用。其药用机理是:提高氮在机体内的沉积量,并在机体内进行同化作用,促进蛋白质合成;改变肠道细胞代谢,使肠壁变薄,促进养分的吸收;抑制肠道中有害细菌的生长;使毛细血管舒张,改善皮肤营养。同时它可

以提高饲料转化率,促进色素的形成,从而有效的改善肉品质^[14]。

6 钙

钙是肌肉收缩和肌原纤维降解酶系的激活剂,对肉的嫩度有很大影响。向猪胴体中注入氯化钙可显著改善肉的嫩度,人们正试图通过调控饲粮钙的水平来改善猪肉品质。氯化钙对猪肉背最长肌肉品质的影响见表4^[15]。

从表4可以看出,注入CaCl₂的背最长肌的剪切力比没有注入的低($P < 0.05$)。这一点和KOOHMARAIE(1988, 1993),WHEEIER(1991)关于报道相一致^[16]。KOOHMARAIE等指出尸僵后的背最常肌注入CaCl₂会加快肌原纤维蛋白的分

解, 从而缩短嫩化时间^[17]。BOIEMAN 等指出注入 0.3 mol/L 相当于肉重 10% 的 CaCl₂ 溶液对牛肉半膜肌的蒸煮损失和总水分没有显著性影响^[18], 但 WHEEIER 等发现注入 CaCl₂ 溶液可以提高牛肉股二头肌的蒸煮损失^[19]。

表 4 CaCl₂ 对背最长肌肉的影响^[16]

Tab. 4 The effect of CaCl₂ on the pork quality of longissimus dorsi muscle

指标 index	注入 CaCl ₂ CaCl ₂	不注入 CaCl ₂ Control
剪切力/kg sheer force	3.0 ± 0.03a	3.7 ± 0.03b
失水率/% water loss rate	7.1 ± 2.16	5.8 ± 2.17
蒸煮损失/% cooking loss	37.7 ± 4.75	28.7 ± 4.75

总之, 矿质元素对肉品质的影响较复杂, 存在问题较多。今后这一方面的研究应从以下几个方面入手: 动物屠宰后胴体内抗氧化酶和某些抗氧化蛋白的活性如何变化; 在肉品脂质氧化过程中, 各种金属离子起什么作用, 不同来源的金属离子对脂质氧化的影响。

[参考文献]

- [1] D'SOUZA D N, WARNER R D, DUNSHEA F R, et al. Comparison of different dietary magnesium supplements on pork quality [J]. *Meat Sci*, 1999, 51: 221 - 225.
- [2] D'SOUZA D N, WARNER R D, LEURY B J, et al. The effect of dietary magnesium aspartate supplementation on pork quality [J]. *Anim Sci*, 1998, 76: 104 - 109.
- [3] HAMILTON D N, EIHS M, HEMANN M D. The impact of longissimus glycolytic potential and short-term feeding of magnesium sulfate heptahydrate prior to slaughter on carcass characteristics and pork quality [J]. *Anim Sci*, 2003, 81: 191 - 196.
- [4] VAN L R. The effect of magnesium supplementation on pork quality [J]. *Anim Sci*, 2000, 78 (Suppl. 1): 154.
- [5] 于福清, 文杰, 陈继兰. 矿物质元素对肉品质量的影响 [J]. *国外畜牧科技*, 2001, (4): 42 - 44.
- [6] JENSEN C, FIENSTED J M, SKIBSTED L H, et al. Effects of dietary rape seed oil, copper(II) sulphate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled pork chops packed in atmospheric air or in a high oxygen atmosphere [J]. *Mea Sci*, 1998, 50: 211 - 221.
- [7] PETTIGREWAND E, 邓波, 李建涛. 营养与猪肉品质 [J]. *养猪*, 2003, (4): 45 - 49.
- [8] 张慧玲. 铬在养猪业中的作用 [J]. *江西畜牧兽医杂志*, 2001, (2): 40 - 41.
- [9] MATTHEWS J O, HIGBIE A D, SOUTHERN L L, et al. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs [J]. *Anim Sci*, 2002, 80: 1586 - 1592.
- [10] PAGE T G, BOIEMAN S L, PIKE M M, et al. Effect of chromium picolinate on carcass traits and aging on pork quality [J]. *Anim Sci*, 1992, 70: 218.
- [11] BOIEMAN S L, BOIEMAN S J, BIDNER T D, et al. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs [J]. *Anim Sci*, 1995, 73: 2033 - 2042.
- [12] O' QUINN P R, SMITH J W, NELSEN J L, et al. Effects of source and level of added chromium on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs [J]. *Anim Sci*, 1998, 76: 56.
- [13] 高步先, 夏耕田, 张乃生. 铬在畜牧业中的应用研究进展 [J]. *畜牧兽医杂志*, 2003, (2): 13 - 17.
- [14] 周开锋. 辩证地看待砷制剂在畜牧业上的应用 [J]. *饲料博览*, 1999, (4): 15 - 18.
- [15] MC F B J, UNRUH J A. Effects of blast chilling and postmortem calcium chloride injection on tenderness of pork longissimus musclec [J]. *Anim Sci*, 1996, 74: 1842 - 1845.
- [16] KOOHARAIE M, WHEELER T L, SHACKEIFORD S D. Calciumchloride injection/infusion to ensure meat tenderness [J]. *Proc. Recip. Meat Conf*, 1993, 46: 68.
- [17] KOOHARAIE M, WHIPPIE G, KRETCHMAR D H, et al. Postmortem proteolysis in longissimus muscle from beef, lamb and pork carcasses [J]. *Anim Sci*, 1991, 69: 617 - 624.
- [18] BOIEMNA S J, BOIEMAN S L, BIDNER T D, et al. Effects of postmortem time of calcium chloride injection on beef tenderness [J]. *Anim Sci*, 1993, 71: 151.
- [19] WHEEIER T L, CROUSE J D, KOOHARAIE M. The effect of postmortem time of injection and freezing on the effectiveness of calcium chloride for improving beef tenderness [J]. *Anim Sci*, 1992, 70: 3451 - 3457.