

Callipyge 型羊肉嫩度不佳的原因及对策

丛玉艳^[1] 张建勋^[2]

(1. 沈阳农业大学畜牧兽医学院 辽宁 110161 2. 辽宁省兽药饲料监察所 辽宁 110016)

摘 要: 本文对 Callipyge 型羊肉嫩度不佳的原因及对策的研究进展情况作一综述。

关键词: Callipyge 型羊; 嫩度; 原因; 对策

Abstract: This review elucidated the causation of the less tender muscle from callipyge sheep and the countermeasure taken to improve its tenderness according to the results of the attainable experiments that were conducted in this field.

Keywords: Callipyge Sheep; Tenderness; Causation; Countermeasure

Callipyge 型羊携带 Callipyge 基因 (肥臀基因), 该基因使羊具有双肌臀性状, 即腰部和腿部的肌肉过度发育而显著增大^{[1][2][3][4][5]}, 臀肌和腿间肌肉也表现非常发达。因此与普通羊 (不携带 Callipyge 基因的羊) 相比, Callipyge 型羊具有肌肉生长性能高^[6], 眼肌面积大^{[1][2][3]}、脂肪含量低^[3]、瘦肉率高, 胴体切块率高^{[1][3][7]}等优点; 此外, 其饲料转化效率^[7]和日增重高、屠宰率^{[1][2][3][8]}也较高; 而且肉含有较少的单链饱和脂肪酸和较多的不饱和脂肪酸 (Busboom 等, 1994), 营养价值高。因此, Callipyge 型羊具有很高的利用价值。但却因为其肉的嫩度不佳, 影响到该类羊的应用。因此, 了解 Callipyge 型羊肉的品质及其改善措施, 对于促进此类羊及 Callipyge 基因的利用具有重要意义。

一、Callipyge 型羊肉嫩度不佳的原因

Callipyge 型羊肉嫩度不佳^{[2][9]}, 主要表现为背最长肌的嫩度不佳^[5], 且主要体现在背最长肌的前部^[10]。这在一定程度上限制了 Callipyge 型羊的利用。

肉的嫩度可因熟化过程中肌肉蛋白的降解而得以改善。研究发现, 肌肉蛋白降解过程由肌肉组织中钙激活酶系控制 (Hopkins, 2001)。该酶系包括钙激活酶 (calpain) 和钙激活酶抑制蛋白

(calpastatin) 两部分。calpain 对肌肉蛋白的水解作用是导致肉嫩化的主要因素, 它能分解肌原纤维蛋白, 使 Z 盘裂解和肌纤维小片化, 从而促进了肉的嫩化^[11]。calpastatin 对 calpain 起到抑制的作用。研究发现, 与普通羊肉相比, Callipyge 型羊肉 (背最长肌、股二头肌) 中 calpastatin 活性高^{[4][5][12][13]}, 肌原纤维降解率低。这可能是 Callipyge 型羊肉尤其是背最长肌嫩度不佳的根本原因。

Delgado 等 (2001) 报道, 宰后贮存过程中普通羊股二头肌和背最长肌的肌原纤维小片化指数 (MFI) 显著增加, 而 Callipyge 型羊的股二头肌和背最长肌的 MFI 在宰后 10 天的贮存期内没有变化^[4]。Koohmaraie 等 (1995) 也报道了类似的结果^[1]。这意味着 Callipyge 型羊骨骼肌蛋白质的分解能力降低。Geesink 等 (1999) 经蛋白质印记分析发现, Callipyge 型羊股二头肌宰后蛋白分解程度比普通羊低, 这是 calpastatin 抑制的结果^[12]。

Callipyge 型羊肌肉的过度生长由于 (至少部分由于) 肌原纤维类型的改变和肌肉细胞的增大而造成的。Callipyge 型羊肉中快收缩糖酵解纤维比例和平均直径均增加, 这与 Callipyge 型羊肉的过度生长密切相关^[6]。因此肌原纤维直径的增加可能是导致 Callipyge 型羊肉嫩度不佳的原因。

此外, Callipyge 型羊背最长肌肌纤维膜从肌纤维分离较晚, 因此宰后肌原纤维稳定是导致其嫩度较差的原因^[14]。但 Callipyge 型羊背最长肌嫩度不佳与肌肉的胶原蛋白数量无关, 因为其胶原蛋白含量和交联程度很低^[6]。

二、Callipyge 型羊肉嫩度不佳的对策

1 宰后注射 CaCl_2

Calpain 为钙依赖性酶, 当有 Ca^{2+} 存在时被激活。calpain 存在于肌纤维 Z 盘附近及肌质网膜上。

动物被屠宰后,随着肌肉中 ATP 的消耗,肌质网小胞体内积蓄的 Ca^{2+} 被释放出来,能激活 calpain。向肉中直接注入 CaCl_2 可进一步激活 calpain,从而加速肉的降解与嫩化。

Koohmaraie 等 (1998) 在熟化前给羔羊背最长肌注射 CaCl_2 溶液 (浓度为 2.22%), 对普通羔羊肉熟化第 14d 时的剪切力值与感官嫩度评分没有影响,但明显较改善 Callipyge 型羔羊肉的嫩度^[15]。Clare 等于屠宰后 24d 给普通羔羊和 Callipyge 型羔羊的腰肉分别注射 CaCl_2 溶液,可提高两种类型羔羊肉的嫩度和风味强度及消费者对肉的可接受性^[16]。

2 宰前补饲维生素 D_3

维生素 D_3 可通过促进小肠钙的吸收 (Mcolayen, 1937; Scott 等, 1982), 并动员骨骼中的钙至细胞外组织间液中 (Carlsson, 1952) 来提高血钙的水平。此外,维生素 D_3 可通过激活钙离子通道而增加流入骨骼肌中 Ca^{2+} 的数量。因此,补饲维生素 D_3 来提高肌肉中 Ca^{2+} 的含量,从而激活 calpain,达到肌肉嫩化的目的。

Wiegand 等 (1998) 指出,于宰前 7d 连续给 Callipyge 型羔羊每日补饲 $0.5 \times 106\text{IU}$ 的维生素 D_3 ,并未明显降低其背最长肌、岗上肌与半膜肌的剪切力值^[17]。Wiegand 等 (2001) 进一步研究发现,宰前 7d 连续给 Callipyge 型羔羊和普通羔羊补饲 $2 \times 106\text{IU}$ 的维生素 D_3 ,血清中 Ca^{2+} 浓度提高,但肌肉中 Ca^{2+} 浓度没有提高,羊肉嫩度均未受影响^[18]。这可能是维生素 D_3 补饲量不足造成的,还有待于进一步研究。

3 电刺激

Kerth 等 (1999) 报道,电刺激 Callipyge 羊胴体能改善其腰排的嫩度^[19]。电刺激嫩化的机制可能有以下几方面:①宰后立即电刺激,肌肉 ATP 酶和磷酸酶活性增强 (Danforth 等, 1962), ATP 迅速耗尽 (Bendall, 1976),糖酵解加速,使 pH 值迅速下降,从而促进糖原分解,加速尸僵的形成,减少了冷收缩 (Carse, 1973);②激发肌肉强烈收缩,使肌原纤维断裂,变成小片,肌纤维结构遭到物理破坏 (Bendall, 1976);③提高肉中某些内源蛋白酶的活性,包括 μ -calpain (Dransfield 等, 1992),使肌联蛋白、伴肌动蛋白 (nebulin) 和肌钙蛋白-T (TnT) 降解加快,有时肌间蛋白

(desmin) 的降解也加快 (Uytterhaegen 等, 1992);④导致溶酶体释放并激活溶酶体酶 (Harsham 等, 1951)。然而 Chiung-ying Ho 等 (1997) 研究发现,电刺激对 nebulin、desmin 或 TnT 的降解无明显作用,而是加速 I-带裂痕出现,并增加了 I-带裂痕出现的数量。这说明电刺激的嫩化作用不是通过增强蛋白质的酶解实现的,而是通过对肌纤维的物理破坏达到的。可见,电刺激嫩化机制还需要进一步分析确定。

4 冷冻

Koohmaraie 等 (1998) 报道,液氮冷冻能降低宰后 14 天 Callipyge 型羔羊背最长肌的剪切力,提高感官嫩度等级;冷冻与注射 CaCl_2 合并处理改善嫩度的效果最好^[15]。Duckett 等 (1998) 也报道,冷冻处理可以降低 Callipyge 型羔羊背最长肌 calpastatin 的活性,成熟前冷冻至少 8 天可能是改善其背最长肌嫩度、而又不降低多汁性和风味等级的可行办法,其效果比单独成熟处理的效果好得多^[20]。

冷冻能够提高肉的嫩度 (winger 和 Fennem, 1976),一方面是由于冷冻对肌纤维的破坏作用及对结缔组织的破坏和拉伸作用。此外,最近的研究还发现,液氮冻结对控制肌节缩短有效 (Koohmaraie 等, 1998)。这也可能是肉嫩度得以改善的一个原因。

参考文献

- [1] M Koohmaraie, S D Shackelford, T L Wheeler, et al. A muscle hypertrophy condition in lamb (callipyge): characterization of effects on muscle growth and meat quality traits[J]. J Anim Sci, 1995, 73: 3596 ~ 3607.
- [2] R A Field, R J McCormick, D R Brown, et al. Collagen crosslinks in longissimus muscle from lambs expressing the callipyge gene[J]. J Anim Sci, 1996, 74: 2943 ~ 2947.
- [3] S P Jackson, M F Miller and R D Green. Phenotypic characterization of Rambouillet sheep expressing the callipyge gene. II. Carcass characteristics and retail yield[J]. J Anim Sci, 1997, 75: 125 ~ 132.
- [4] E F Delgado, G H Geesink, J A Marchello, et al. The calpain system in three muscles of normal and callipyge sheep[J]. J Anim Sci, 2001, 79: 398 ~ 412.
- [5] C R Kerth, S P Jackson, C B Ramsey, et al. Characteriza

(下转第 29 页)

2.4 淀粉加入对火腿肉嫩度的影响

研究表明,加入淀粉可以提高火腿肉嫩度和弹性。淀粉吸水受热彭润糊化,可以增加粘性,使肉质结构紧密,富有弹性,且光滑鲜嫩(表4)。

表4 淀粉加入量对火腿肉嫩度的影响

淀粉加入量(占原料肉的百分比%)	0	1	3	5
火腿肉嫩度	5.5	6.0	7.3	8.7

2.5 杀菌温度对火腿肉嫩度的影响

加热对肌肉嫩度的影响有双重效应,它既可使肉变嫩,又可使其变老硬,这取决于加热温度和时间,加热可以引起肌肉蛋白质的变性,从而发生凝固、凝集和短缩现象;但另一方面,肌肉中结缔组织在一定温度范围逐渐变为明胶,从而使肌肉嫩度增加。如何使杀菌温度既能杀死火腿肉中细菌利于保藏,又能保证肉的嫩度,这是所要研究的。研究表明,在58~69℃杀菌时,肌肉嫩度较好,直到临界值,这与胶原蛋白在此温度范围内的降解有关,在大于69℃,嫩度开始下降,是由于肌肉蛋白的变性而引起(表5)。

表5 杀菌温度对火腿肉嫩度的影响

杀菌温度(℃)	55	58	63	68	73	75	80
火腿肉嫩度	6.0	7.2	7.6	9.1	8.8	4.9	2.7

3 结论和说明

3.1 低温火腿肉嫩度的研究确定了生产高品质、感官指标优良的火腿肉的关键控制点。

3.2 通过对低温火腿肉的嫩度研究,确定了影响低温火腿肉嫩度的主要因素是肉的比例结构、杀菌温度、是否加入磷酸盐、氯化钙、淀粉等,只有控制好这些影响因素,才能生产出外观好、质量高的火腿肉。

3.3 杀菌温度定为73℃是为了满足杀菌保藏的要求,而并非最理想的符合嫩度要求的温度。

3.4 磷酸盐、氯化钙的加入量是在以要符合食品卫生法要求的前提下确定的。

参考文献

[1] 黄中培,申双贵,等.农产品保鲜与加工技术.长沙:湖南科学技术出版社,2001,8.

[2] 刘玮炜.麦芽酚的性质及其在肉类加工中的应用.食品科技,1998,6.

[3] 凌关庭,王亦云,等.食品添加剂手册(上册).北京:化学工业出版社,1989.

[4] Richard G,Taylor H,Geert G,et al.ls Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization[J].J Anim Sei,1995,73:1351~1367.

[5] Dorothy E;C,George ND.Calcium activated neutral protease (calpain) system:structure,function,and regulation},[J].Physiological Review,1991,71:813~847.

[6] 申双贵,邓林伟.影响低温火腿肉色泽的因素研究 食品与机械,2002,6.

[10] S D Shackelford,T L Wheeler and M Koohmaraie. Evaluation of sampling,cookery,and shear force protocols for objective evaluation of lamb longissimus tenderness[J].J Anim Sci,2004,82:802~807.

[11] Taylor R G,Geesink G H,Thompon V F,etal.ls Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization[J].J Anim Sci,1995,73:1351~1367.

[12] G.H.Geesink and M.Koohmaraie.Postmortem proteolysis and calpain/calpastatin activity in callipyge and normal lamb biceps femoris during extended postmortem storage[J].J Anim Sci,1999,77:1490~1501.

[13] S K Duckett,G D Snowder and N E Cockett.Effect of the callipyge gene on muscle growth,alpastatin activity,and tenderness of three muscles across the growth curve[J].J Anim Sci,2000,78:2836~2841.

(上接第21页)

tion and consumer acceptance of three muscles from Hampshire x Rambouillet cross sheep expressing the callipyge phenotype [J].J Anim Sci,2003,81:2213~2218.

[6] C E Carpenter,O D Rice,N E Cockett,etal.Histology and composition of muscles from normal and callipyge lambs[J].J Anim Sci,1996,74:388~393.

[7] J R Busboom,T I Wahl,G D Snowder.Economics of callipyge lamb production[J].J Anim Sci,1998,77:243~248.

[8] B A Freking,J W Keele,M K Nielsen.Evaluation of the ovine callipyge locus:II.Genotypic effects on growth,slaughter, and carcass traits[J].J Anim Sci,1998,76:2549~2559.

[9] S D Shackelford,T L Wheeler and M.Koohmaraie.Effect of the callipyge phenotype and cooking method on tenderness of several major lamb muscles[J].J Anim Sci,1997,75: 2100~2105.