

电刺激对牛肉成熟和牛肉超微结构的影响

黄 明 罗 欣 (山东农业大学食品科学系, 泰安 271018)

胡铁军 (军需大学, 长春 130062)

摘 要 对宰后牛胴体进行电刺激, 跟踪检测牛肉在不同成熟时间的 pH 值、剪切力值和超微结构的变化。试验结果表明, 电刺激可加速牛肉成熟速度, 提高牛肉嫩度, 促使肌原纤维小片化, 减少牛肉在预冷过程中发生的寒冷收缩。

关键词 电刺激 牛肉 成熟 超微结构

随着 1996~ 2000 年国家农区秸秆养畜发展纲要制定的战略目标的实现, 我国牛肉总量日益增长。但由于品种、饲养管理以及屠宰加工技术等方面因素的原因, 我国的牛肉品质较低, 在国际市场上缺乏竞争力, 从而严重制约了我国肉牛业的发展。采用先进的屠宰加工技术, 促进牛肉快速成熟, 提高牛肉嫩度是改善牛肉品质的有效途径。在牛肉的快速成熟嫩化技术中, 电刺激技术以其有效性、实用性引起了国际肉类研究机构和生产厂家的关注, 并将这一技术应用到牛肉加工工艺中。我国在电刺激技术方面所做的试验研究工作较少, 目前还没有国产的商业化的电刺激设备。系统的研究电刺激对宰后牛肉的理化学、组织学变化的影响, 探索性的研究电刺激技术在肉牛业中的应用, 对于改善我国牛肉的品质, 拉动和保障我国肉牛业的良性发展是肉类科学面对的核心技术之一。本试验研究主要是探讨: (1) 电刺激处理对牛肉成熟速度和牛肉嫩度的影响; (2) 利用透射电镜对电刺激处理的牛肉样品和对照组样品分别在 1 天、3 天、7 天后的超微结构进行分析, 探讨电刺激处理加速牛肉成熟嫩化的机理。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 样品: 来自山东鲁奔肉类工贸公司

1.1.2 主要仪器: 真空包装机, 恒温水浴锅, pH 计, 荷兰 Stock 公司生产的电刺激仪 C-LM 型嫩度计, 穿刺温度计, 冷藏箱

1.2 试验方法

1.2.1 电刺激处理对牛肉成熟过程中 pH 值和剪切力值的影响试验

(1) 牛只筛选: 宰前约 20 小时筛选体重为 400 ± 20kg, 年龄为 24~ 30 月龄, 膘情相当的鲁西黄牛

14 头, 随机分成两组, 一组为对照组, 另一组为处理组。

(2) 电刺激: 应用电刺激仪, 对宰后已放血完毕的牛体按设定的参数进行电刺激, 电极接触部位分别为牛跟腱和肩胛部。

(3) pH 值测定: 牛只屠宰后, 在预冷间内对已沿脊椎二分体的牛胴体测定 pH 值, 测定部位为第 12、13 肋骨间的背最长肌, 用 pH 计的穿刺电极插入肉中, 连续测定 3 次, 取平均值。

(4) 剪切力值的测定: 将预冷 24 小时后的牛胴体从第 13 肋骨到第 5 腰椎部位的背最长肌带骨分割取出, 放入成熟间 (0~ 4) 成熟, 成熟过程中分别从前向后依次取样, 样品重 250g ± 5g, 真空包装后, 水浴加热到中心温度 70 °C、保温 20 分钟, 自然冷却后放入冷藏箱过夜, 再顺肌纤维方向切成截面积为 1cm² 肉柱, 并沿肌纤维垂直方向测定剪切力值^[7]。

(5) 嫩度提高值的计算: 嫩度提高值% = (对照组剪切力值 - 电刺激组剪切力值) / 对照组剪切力值 × 100%

(6) 统计分析: 采用成对 t 检验

1.2.2 电刺激对牛肉超微结构变化的影响试验

肉样处理与电镜观察: 在牛肉成熟 1 天、3 天、7 天后, 从西冷部位分别对处理组和对照组取样, 肉样放入 3% 戊二醛中前固定, 1% 锇酸后固定, 磷酸缓冲液冲洗, 乙醇梯度脱水, Epon812 树脂浸透包埋, Lkb 超薄切片机进行超薄切片, 醋酸双氧铀、柠檬酸铅双染色, JEM-1200EX 透射电镜观察拍照。

2 结果与分值和剪切力值的变化

2.1 宰后牛肉 pH 值的变化

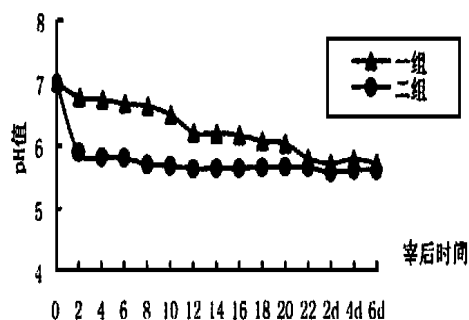


图 1 屠宰后牛肉 pH 值变化曲线

从图 1 可以看出,电刺激组牛肉 pH 值在宰后 2 小时已降低于 6.0,而对照组在宰后 20 小时 pH 值才降低到 6.0,电刺激可以大大缩短牛肉的尸僵时间。在刺激过程中,可明显看到胴体和脉冲电流以同样的频率振颤,这种振颤很可能是直接的电刺激和神经刺激传导综合作用的结果^[3]。牛胴体的振颤要消耗 ATP,而放血后的牛只由于失去了供氧系统,肌肉氧分压很快下降。没有充足的氧气,线粒体氧化磷酸化产生 ATP 的途径就会受阻,此时,无氧酵解仅产生少量的 ATP,所以机体为了维持其在活体中的 ATP 水平则加速了无氧酵解速度,由于有氧氧化受阻,丙酮酸被还原成乳酸,同时由于血液循环被破坏,乳酸无法向肝脏转移或被心肌利用,最终造成了酸在肌肉中的蓄积和肌肉 pH 值的降低。

2.2 牛肉成熟过程中剪切力值的变化

从图 2 可以看出电刺激可以显著提高牛肉嫩度,分别对电刺激组和对照组宰后牛肉在同一成熟时间的剪切力值进行 t 检验,差异极显著 ($P < 0.01$)。计算发现电刺激组牛肉嫩度在成熟 2、3、4、7 天时,分别比对照组提高 25%、33%、36%、36%。对电刺激组剪切力值统计分析表明,第 4 天和第 7 天差异不显著 ($P > 0.05$),而第 4 天和第 2、3 天差异显著 ($P < 0.05$),说明电刺激组牛肉成熟到第 4 天已基本完成成熟过程。

2.3 电刺激对牛肉超微结构的影响

典型哺乳动物肌节长度约为 $2.5\mu\text{m}$,动物宰后肌节长度会缩短。正常屠宰动物肌节缩短程度与温度有很大关系。在 15°C ,肌肉进入僵直状态,肌节缩短最少,而在 15°C 以上或 15°C 以下(冻结状态之前)肌肉收缩都随温度升高或降低而加剧。肌肉的收缩程度与肉的嫩度呈负相关^[3]。在本试验中,牛只宰后预冷 24 小时,电刺激组肌节长度约为 $2\mu\text{m}$,而对照线肌节长度约为 $1.5\mu\text{m}$ 。可见电刺激能有效地

防止了牛肉在宰后预冷过程中所发生的寒冷收缩,使肌动蛋白与肌球蛋白交联程度变小,而对照组明带基本消失,肌球蛋白与肌动蛋白发生了最大程度交联,交联程度的高低直接影响牛肉在成熟过程中嫩度的改善程度,Lee 等研究发现肌肉收缩程度与成熟过程中嫩化成熟程度成反比^[5],本试验证实了这一观点。

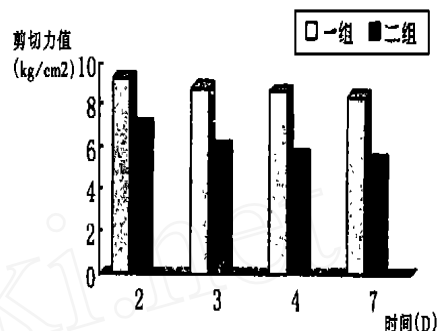


图 2 屠宰后牛肉剪切力的变化

2.4 电刺激处理对肌原纤维结构的影响

从电镜照片可以看出,牛只宰后在成熟过程中肌原纤维完整性遭到破坏,电刺激组在成熟 3 天后肌原纤维发生了明显的小片化,很多肌节在 Z 线附近发生了断裂,而对照组只发生了轻微断裂。肌原纤维小片化程度与肉的嫩度呈正相关,并可用来预测肉的嫩度。造成肌原纤维小片化的原因可能是因为肌肉中存在的酶类在宰后肌肉中得到释放,并水解肌原纤维中骨架蛋白和一些相关蛋白质如 titin、nebulin、filamin、desmin、costameres 结构中的蛋白质、Troponin-T 等,这些蛋白质起着稳固肌原纤维的作用。这些蛋白质被酶类的水解,无疑会促使肌原纤维的断裂。很多人的试验也证实了这一观点^[6]。电刺激组小片化程度明显大于对照组,这可能是因为电刺激加速了肌肉糖酵解速度,使肉的 pH 值下降较快,而温度相对较高,高温和低 pH 值会促进溶酶体膜的破裂和溶酶体组织蛋白酶类的释放,释放的酶类在低 pH 值环境下会较快地发挥作用,水解肌纤维中相关蛋白质,促进肌原纤维较快断裂。另外,一些学者发现电刺激可使肌肉部分区域发生挛缩,形成挛缩带(contracture band)。挛缩现象的发生会造成肌原纤维的机械性损伤^[1],而本试验通过电镜照片分析并没发现电刺激组有明显挛缩带的形成,这也可能因为拍摄电镜照片时所选取区域不同,因为挛缩带只在肌纤维局部区域发生。



图 3 电刺激肉样 24hr 后 (×10000)



图 4 对照组肉样 24hr (×10000)

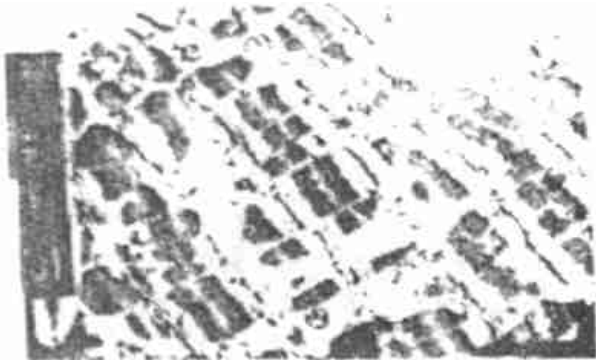


图 5 电刺激肉样 7d 后 (×5000)

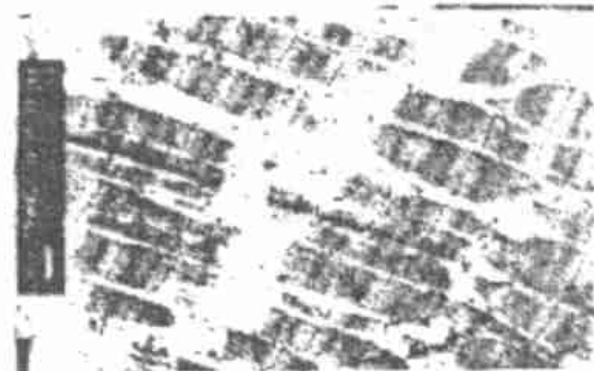


图 6 对照组肉样 7d 后 (×5000)

图 7 电刺激肉样 7d 后肌原纤维
沿 Z 线断裂 (×30000)

3 结论

电刺激可以加速牛肉成熟, 提高牛肉嫩度, 明显减少牛胴体在预冷过程中所发生的寒冷收缩, 减少肌球蛋白与肌动蛋白的交联, 促进肌原纤维断裂, 使牛肉成熟 3 天后就可明显发生肌原纤维小片化。(本研究是国家“九五”重中之重科技攻关计划课题 96-003-05 的一部分)

参考文献

- 1 Ching-Ying Ho, Marvin Stromer H and Richard M Robson. Effect of electrical stimulation on postmortem titin, nebulin, desmin, and troponin-T degradation and ultrastructural changes in bovine longissimus muscle J Anim Sci, 1996, (74): 1563~ 1575
- 2 Huffman K L, Miller M F. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant J Anim Sci, 1996 (74): 91~ 97
- 3 Koohmarie M, Doumit M E and Wheeler T L. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented J Anim Sci, 1996 (74): 2935~ 2942
- 4 Lawrie, R A Lawrie's Meat Science Woodhead publish limited, Cambridge England 1996
- 5 Lee Y B and Ashmore Cr. Effect of early postmortem temperature on beef tenderness J Anim Sci, 1985 (60): 1588~ 1596
- 6 Wheeler T L. prerigor and postrigor changes in tenderness of bovine longissimus muscle J Anim Sci, 1994 (72): 1232 (下转第 17 页)

一般情况下,肉中的内源酶很少释放出来。但 P.M.Kenneally 等 (1993) 报道,在发酵香肠中分别添加有脂肪分解能力的发酵剂,无脂肪分解能力的发酵剂, GDL 和抗菌素的三组做对照, 结果发现, 不同处理组游离的脂肪酸含量差异不显著, 他指出脂肪水解可能主要是由于肉中内源酶的作用。W.P.Hammes (1994) 则认为, 细菌在脂肪水解中的作用较小, 但在不饱和脂肪酸的氧化中作用十分重要。不饱和脂肪酸氧化成羰基化合物, 影响风味。

传统发酵香肠生产工艺中, 发酵、干燥、成熟工序时间非常长, 使得发酵香肠的生产效率很低。在不降低产品感观特性的前提下, 尽可能缩短发酵香肠的生产周期, 近年来, 国外学者在发酵香肠中添加可使之快速成熟的酶类。

挪威学者添加由于酪乳杆菌 (*Lactobacillus paracasei*) 产生并经修饰的丝氨酸蛋白分解酶, 在不降低品质的前提下, 净发酵香肠的干燥和成熟时间降低了 30% (由原来的三周降低为两周)。Diazetal (1996) 报道, 在干发酵香肠中添加木瓜蛋白酶, 风味几乎没有提高。M.Jose Zapelena (1997) 在干发酵香肠添加来自于枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) 的一种中性蛋白酶, 发现与对照组相比较, 游离氨基酸的增加量相似, 但游离氨基酸的形成过程不同。添加蛋白酶的一组成熟期第三天和第九天, 一些氨基酸 (Asp, Thr, Ala, Met, Lys) 下降, 而对照组一直上升。由于蛋白酶的添加, 多肽含量上升, 感

观质量有所提高。

D.Ansorena 等在干发酵香肠中添加 Palatase M (一种来自于 *Rhizomucor miehei*) 的脂酶, 与对照组相比, 发现游离的脂肪酸显著上升, 且无腐败味。Fernandez 和 Zalacain 在干发酵香肠中添加胰脂肪酶, 来自于圆柱酵母和霉菌的脂酶, 发现所得产品与对照组相比, 脂肪水解活性都有不同程度的提高。

参考文献

- 1 Alan H Varnam. Meat and meat Products technology chemistry and microbiology, 320
- 2 Berdague J L 等. Meat Sci, 1998 (5): 275~ 287
- 3 Ansorena D 等. J Agric food chem. 1998 (46): 3244~ 3248
- 4 Diaz O. Meat Sci, 1996, 13~ 21
- 5 Katsaras, Leistner. Food Microbiology, 1991 (5): 115~ 124
- 6 Molly K 等. Meat Sci, 1996 (43): 235~ 244
- 7 Lücke F K, Ed. B J Wood. 1985 (12): 41~ 43
- 8 Jose Zapelena M 等. J Agric food chem. 1997, (45): 472~ 475
- 9 Kenneally P M 等. Food Science, 1998, 63 (3): 538~ 543
- 10 Hammes W P 等. Meat Sci 1994, (36): 155 ~ 168

Enzyme Produced by Microorganism and Its Effect on Fermented Sausage

Wang Haiyan Zhang Chunjiang Luo Xin

ABSTRACT The function of nitrate reductase, hydrogen peroxidase, protease and lipase that produced by microorganism in fermented sausage were elaborated

KEY WORD ferment; sausage; enzyme

(上接第 14 页)

7 Wheeler T L. Effect of cooking shearing methodology on variation in warner-bratzler

shear force values in beef J Anim Sci, 1994 (72): 2325

Effects of Electrical Stimulation on Aging Speed and Changes of Ultrastructure of Beef

Luo Xin Huang Ming Hu Tiejun

ABSTRACT In the present study, electrical stimulation was applied to postslaughter cattle, and changes of beef pH value, shear force value and ultrastructure at different aging time were detected. The major results of the experiment showed that electrical stimulation could accelerate beef aging, improve beef tenderness, promote myofibrillar fragmentation and decrease cold shorting

KEY WORD electrical stimulation; beef; aging, ultrastructure