

氯化钙处理对牛肉嫩化的研究进展

邱燕, 崔薇, 陈韬

(云南农业大学 食品科学技术学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 嫩度是牛肉最重要的品质之一, 其影响因素很多(牛肉本身的因素、屠宰前影响因素、屠宰后影响因素以及是否经过嫩化处理等)。大量研究发现, 氯化钙处理可以明显的改善牛肉的嫩度。本文就氯化钙嫩化的机制以及氯化钙处理对牛肉嫩化的研究进展做一综述, 以为牛肉嫩度的研究提供参考。

关键词: 牛肉; 嫩度; 影响因素; 氯化钙; 机制

Research Progress on the Calcium Chloride Treatment to Tenderize Beef

QIU Yan, CUI Wei, CHEN Tao

(College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Tenderness is one of the most important quality of beef, and there are many factors affect it, such as beef itself, events before and after the slaughter, and whether be tenderized during processing, etc. Plenty researches show that calcium chloride treatment can improve beef tenderness, This review elucidated the progress on the application and mechanism of calcium chloride treatment to tenderize beef muscle, with a view to provide the reference to the study of tenderness in beef.

Key words: beef; tenderness; influential factor; calcium chloride; mechanism

中图分类号: TS205 文献标识码: B 文章编号: 1001-8123(2009)02-0010-04

随着经济的发展和水平的提高, 人们对肉食用品质提出了更高的要求。肉制品的食用品质包括色泽、风味和以感官品评为基础的食用物理特性, 如嫩度、多汁性等, 其中嫩度是牛肉的首要质量指标和最重要的感官特性, 它影响牛肉的加工性能和消费者对牛肉及其制品的接受程度。牛肉具有肉质鲜美、蛋白质含量高、胆固醇含量低、营养丰富、风味独特等特点, 深受广大消费者的欢迎。然而, 我国肉牛业起步较晚, 牛肉产品质量千差万别, 养殖方法落后, 屠宰手段陈旧, 使得市场中的牛肉普遍存在着不易咀嚼、口感差等缺陷。以至于我国牛肉行业在国际市场上缺乏竞争力, 严重制约了我国肉牛业的发展。

1 影响牛肉嫩度的因素

影响牛肉嫩度的因素很多, 包括牛肉本身的因素、屠宰前影响因素、屠宰后影响因素以及是否经过嫩化处理等^[1]。

1.1 牛肉本身内在因素

与牛肉的组织结构和化学组成有关的许多内在因素都与牛肉的嫩度有关, 如肌纤维的直径、密度和类型、结缔组织的含量和种类、肌肉脂肪含量、肌肉在牛体所处的部位、肉的大理石状纹理结构、肌纤维骨架蛋白、各种蛋白酶的活性和含量、肌糖原含量以及肌肉中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Zn^{2+} 的含量和比例等。

1.2 宰前影响因素

许多宰前因素都影响牛肉的嫩度,如牛的品种、性别、年龄、营养水平、饲养制度和饲料添加剂的应用等。了解这些影响因素,对于通过畜牧生产手段改善牛肉的嫩度非常重要,也是当今改善牛肉嫩度的大势所趋。

1.3 宰后影响因素

1.3.1 成熟肉温及时间

自Lehmann于1907年发现肉在冰箱内贮存后嫩度增大以来,人们对肉进行冷却以改善肉的嫩度,已广为接受。但是动物宰后快速冷却会导致肌肉煮后变硬,牛羊肉尤其明显。牛肉在10℃以下冷却就可引起冷收缩,大大降低了产品的可接受性。因此,避免冷收缩一度成为研究的焦点。防止肌肉发生冷收缩的主要措施是对肉进行电刺激和降低冷却速度进行高温成熟。高温成熟既可以防止发生冷收缩,又可提高肌肉蛋白水解酶的活性,对肉的嫩度有改善作用。对牛肉而言,在16℃成熟最有利于改善肉的嫩度。

不同动物肉成熟速度不同,所需时间也不一样。猪在宰后4~8h发生尸僵,牛在12~24h发生尸僵。随着成熟时间的延长,肉的WBS值下降,高嫩度牛排的比例提高。Smith等(1978)报道,精料肥育的母牛和阉牛宰后成熟8~11d嫩度最大。不同部位的肉需要的成熟时间也不同。

1.3.2 肌肉pH下降速度及终点pH

肌肉pH下降速度和终点pH主要受动物气质类型、生长促进剂的应用与否、宰前应激状况以及成熟条件等因素的影响。如果宰前受应激时间过长,肌糖原浓度偏低,使终点pH偏高,则又会导致DFD肉,这种情况也常发生在使用生长促进剂时。在低温成熟时,pH下降速度减缓,虽然可减少PSE肉和肌肉热收缩,但又容易发生冷收缩。

肉的终点pH主要受肌糖原浓度的影响,它通过对肌肉内质网的破坏作用和影响肌肉蛋白质的酸碱环境,对肉的嫩度产生影响在自然条件下,肌肉的终点pH越低,就越接近肌肉蛋白质的等电点,肉的嫩度也就越差;肉的pH提高,嫩度也增加,但pH过高会导致DFD肉,影响色泽。

1.4 嫩化处理

嫩度是指肉在切割时,对破裂的抵抗力。肉质的老韧主要由肉类中结缔组织的致密度大小、含水量的多少、弹性纤维的多少所决定^[2]。牛肉的嫩度是决定牛肉食用品质最重要的指标,在一定程度上,牛肉的嫩度决定着牛肉的价格^[3],所以研究

如何改善和提高牛肉的嫩度是提高牛肉质量的基本途径。

目前对牛肉的嫩化方法主要包括低温吊挂自动排酸成熟法、机械嫩化法、电刺激嫩化法、高压嫩化法、外源酶嫩化法、内源蛋白酶嫩化法和基因工程等嫩化方法。其中钙盐嫩化法因其具有使用剂量小,性能稳定,成本低,效果好的多种优点,一直颇受关注^[4]。

2 氯化钙嫩化的研究进展

2.1 钙离子的嫩化机制

肉成熟过程中内源钙离子对肌原纤维的作用,主要有三种假说:一是钙张力说,肌肉在成熟过程中肌浆中的钙离子浓度持续升高,使肌肉长时间处于收缩状态,导致肌原纤维结构弱化而断裂,使肌原纤维小片化,从而改善了肉的嫩度;二是钙激活酶学说,宰后游离钙离子浓度升高,激活了calpain,u-calpain降解肌原纤维的某些骨架蛋白,使肌原纤维结构弱化,肉嫩度得到改善;另一是钙理论,在肉的成熟过程中游离钙离子浓度升高,钙离子与肌原纤维一些组分上的钙离子结合位点结合,导致这些组分结构弱化,发生裂解,使肌原纤维骨架结构松散,肌原纤维发生小片化,使肉的嫩度增加。酶学说和钙理论是宰后成熟过程中一直存在争论的两种观点。

2.1.1 钙激活酶学说

一直以来,人们就凭经验感觉:刚屠宰后的热鲜肉比尸僵时肉的嫩度要好,但随着贮存时间的延长,肉又开始变得柔软,嫩度又得到了改善。早在1907年,Lehmann就对这一现象的客观指标进行测量,试验证明,宰后一段时间后肉的嫩度明显提高,但当时对于宰后的嫩化机理并不清楚。Hoagland于1917年报道钙激活蛋白酶在肉的嫩化过程中起着重要作用,以后大量的试验研究都支持这一观点,最终形成了u-calpain假说。

Calpain又称依钙蛋白酶,具有u-Calpain和m-Calpain两种异构酶,二者都具有水解肌原纤维蛋白的活性。在活体中大部分钙离子贮存在肌质网中,游离钙离子浓度仅为0.2μM,不能激活Calpains;宰杀后,随着死后僵直的发展,尸体中ATP逐渐耗尽,维持肌质网高钙浓度的Ca泵失去作用,导致肌质网中的Ca²⁺外泄,使肌浆中Ca²⁺浓度最终达到0.2mM,激活u-Calpain(但不能激活m-Calpain),使肉嫩化。钙激活酶的进一步研究始于肉成熟过程中嫩化,在贮藏过程中适度均质能

增加肌原纤维的小片化程度^[5]。肌肉中钙激活酶引起肌原纤维骨架蛋白的降解,使肌原纤维结构弱化,从而使肉嫩度改善,要经历三个步骤:一,宰后肌浆网破裂,胞内钙离子浓度增加,达到 0.1mmol/L ;二,钙离子激活依钙蛋白酶;三,钙激活酶活性导致蛋白分解和肌原纤维结构弱化,使肉质变嫩。

2.1.2 钙理论

Takahashi 等研究成熟过程中Z盘弱化时,发现没有Calpain存在下,单独钙离子同样能引起Z盘的弱化,从而开始怀疑和否定了酶学说,认为成熟的肉的pH为5.85左右,并在15℃以下冷藏,此条件下u-calpain活性难以发挥,进一步实验发现 0.1mmol/LCa^{2+} 同样能直接诱导肌原纤维上包括Connectin, Nebulin, Desmin等蛋白的裂解,从而得出结论,肉的成熟过程中肌原纤维弱化完全是 Ca^{2+} 引起的,而非酶解,这就是钙理论。

2.2 氯化钙在牛肉嫩化中的应用

CaCl_2 溶液处理已成为最流行的嫩化方法之一,这种方法最早是于1989年由Koochmarai等提出的。 CaCl_2 溶液处理技术在胴体和特定肉块的嫩化研究中已取得很大进展。大量试验已经研究发现, CaCl_2 溶液浸泡处理,向肉块中注射 CaCl_2 溶液或向宰后动物动脉中灌注 CaCl_2 溶液都可以显著改善肉的嫩度。研究表明,在尸僵前或尸僵后用 CaCl_2 溶液处理胴体或肉块都可以显著改善肉的嫩度。因此,一些研究者认为钙盐嫩法就是通过外加钙盐的方法使肉中钙离子浓度升高,激活肉中的钙蛋白酶,并且降低内源蛋白酶激活中性蛋白酶抑制剂的活性,从而使肌动蛋白从Z线消失,引起纤维的部分降解,并且伴随激钙蛋白、肌球蛋白等的水解。

美国食品药品监督管理局已经批准使用占肉重3%的 0.8mol/L 的 CaCl_2 溶液注射胴体或肉块达到嫩化效果。 CaCl_2 处理对肉嫩化作用的研究主要用于牛肉,一般注射浓度为 250mmol/L ,注射量占肉重的7%。虽然肉的研究部位不同,但大都取得了理想的效果。

马美湖^[6]等通过向宰后牛的股二头肌注射 CaCl_2 ,引起肌原纤维蛋白的水解,从而改善牛肉的嫩度。并于后熟24h左右进行了肌原纤维小片化指数(MFI)、粗钙激活因子活性(CAF)指标的测定。结果表明:对宰后的牛肉注射 CaCl_2 ,能显著提高牛肉的嫩度。Lansdell等^[7]研究发现,屠宰后30h给经阉割的瘤牛的后最长肌与半膜肌注射 200mmol/L CaCl_2 溶液,明显减少了肌肉沃-布氏剪切力值,

提高了肌肉的嫩度评分,未影响肌肉的肉色与风味强度或引起异味。Wheeler等^[8]研究了宰后 CaCl_2 注射时间及注射后成熟时间对牛肉嫩化的影响,结果发现, CaCl_2 处理不受注射时间和注射后成熟时间的影响;延长注射后成熟时间几乎不影响色泽的稳定性。Kerth等^[9]研究发现,宰后48h给牛腰肉注射200或 250mmol/L 的 CaCl_2 溶液,肉的沃-布氏剪切力值减少,感官评分提高,而其他品质未受影响。Hoover等^[10]于屠宰后24h给牛腰肉注射 200mmol/L CaCl_2 溶液,结果较未注射组提高了由餐馆消费者所评价的肉的嫩度、风味强度及其对肉嫩度的接受性。Carr等^[11]于屠宰后72h给牛腰肉注射 200mmol/L CaCl_2 溶液均得到相似的结果。Carr等通过对多个城市进行调查也发现,零售消费者对经 CaCl_2 浸泡的腰排的接受程度提高,情愿花更多的钱去购买。Milligan等^[12]、Miller等^[13]给牛大腿内侧肌肉注射 CaCl_2 溶液,明显较未注射组提高了肉的嫩度评分与口感。然而De Young等(1997)报道^[14],宰后48h给成年奶牛半腱肌注射不同浓度(0, 200与 400mmol/L)的 CaCl_2 溶液(占腱肌重的10%),却未能改善其嫩度。这可能是试验条件不同的结果。Whipple等(1992)报道^[15], CaCl_2 浸泡能改善牛排的嫩度,且预先冷冻能加强这种效果。Harris等^[16]通过研究补饲维生素E对 CaCl_2 注射牛肉的色泽和嫩度影响发现,宰前补饲维生素E可导致宰后其肉注射 CaCl_2 后嫩化更快速。

尽管 CaCl_2 嫩化法对内的嫩化效果很好,但有些研究发现有时会影响肉的风味和色泽,使肉出现苦味和金属味,肉的色泽变得不均匀,并且在存放过程中肉色容易变深^[17]。为此,近年来许多肉类专家做了大量试验研究,以努力完善工艺参数。 CaCl_2 嫩化法的工艺参数主要包括 CaCl_2 的浓度、使用量、嫩化处理的时间和处理的操作方法等。

牛肉的嫩度随着氯化钙溶液浓度的升高而提高,但当氯化钙溶液浓度达到 600mmol/L 时,在感官评定时发现样品略带苦味和金属味,同时肉的色泽变暗。此外,研究表明,当钙离子浓度过高时,反而会抑制酶的活性。另有研究发现,当钙离子浓度过大时,牛肉的保水能力下降,导致牛肉的多汁度下降,所以氯化钙溶液的浓度要适当才好。

3 结论

综上所述, CaCl_2 处理能改善肉的嫩度,提升消费者对肉的接受程度,是一种理想的肉品嫩化技术。对于低Ca源的牛肉来说,这种嫩化过程可

以作为强化钙的一种方式。因此, CaCl_2 嫩化法是一种很有发展前途的肉类嫩化方法。

参考文献

- [1] 赵改名. 影响牛肉嫩度的因素及其机制[J]. 国外畜牧科技, 2000, 2: 35 - 40.
- [2] Millcs, M.F. Hoover, L.G. Cook, K.D. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant [J]. Food Science, 1995, 60: 963.
- [3] Boleman, S.S., S.L. Boleman, R.K. Miller, J.F. Taylor, H.R. Cross, T.L. West, D. D. Johnesor, and J. W. Sarell. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness[J]. Anim Sci. 1997, 75: 1521 - 1524.
- [4] 罗新燕. 肉品加工的高新技术[J]. 肉类研究, 2000, 1: 10 - 12.
- [5] 汤晓艳. 黄牛肉品质质量及外源钙离子对其嫩化机制研究[D]. 博士学位论文. 20040801.
- [6] 马美湖等. 可溶性胶原蛋白含量、肌原纤维小片化指数和粗钙激活因子活性的测定及其与牛肉嫩化效果之间的关系研究[J]. 食品科学, 2002, 25(7): 56 ~ 41 .
- [7] Lansdell, J.L. Miller, M.F. Wheeler, T.L. et al. Postmortem injection of calcium chloride effects on beef quality traits [J]. Anim Sci, 1995, 73: 1735 - 1740.
- [8] Wheeler, T.L. M. Koohmaraie and S.D. Shackelford. Effect of post-mortem injection time and post-injection aging time on the calcium-activated tenderization process in beef[J]. Anim Sci. 1997, 75: 2652 - 2660.
- [9] Kerth, C.R. Miller, M.F. Ramsey, C.B. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48-hour postmortem[J]. Anim Sci, 1995, 73: 750 - 756.
- [10] Hoover, L.C. Cook, K.D. Miller, M.F. et al. Restaurant consumer acceptance of beef loin strip steaks tenderized with calcium chloride[J]. Anim Sci, 1995, 73: 3633 - 3638.
- [11] Carr, M.A. Crockett, K.L. Ramsey, C.B. et al. Consumer tenderness evaluation of beef loin steaks injected with calcium chloride and cooked to a medium degree of doneness[J]. Anim Sci, 1998, 76: 156 (Abstract.)
- [12] Milligan, S.D. Miller, M.F. Oats, C.N. et al. Calcium chloride injection and degree of doneness effects on the sensory characteristics of beef inside round roasts[J]. Anim Sci, 1997, 75: 668 - 672
- [13] Miller, M.F. Huffman, K.L. Gilbert, S.Y. et al. Retail Consumer acceptance of beef tenderized with calcium chloride [J]. Anim Sci, 1995, 73: 2308 - 2314.
- [14] De Younge, K.G. Pringle, T.D. Williams, S.E. et al. Utilization of calcium chloride and spice marination to improve the sensory and textural characteristics of precooked semitendinosus roasts[J]. Anim Sci, 1997, 75: 180.
- [15] Whipple G, Kohmaraie M. Freezing and calcium chloride marination effects on beef tenderness and calpastatin activity [J]. Anim Sci, 1992, 70: 3081.
- [16] S E Harris, E Huff-Lonergan, W R Jones, et al. Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef[J]. Anim Sci, 2001, 79: 666 - 677.
- [17] 赵改名. 牛肉嫩度的改善措施[J]. 黄牛杂志, 2000, 6: 47 - 52.