



牛肉嫩化技术的研究进展

Research Advances in Tenderization Technology of Beef

熊燕子

(西南大学 食品科学学院 重庆 北碚 400716)

摘要:牛肉的品质受多方面因素的影响,其中最重要的一个因素就是嫩度。本文介绍了影响牛肉嫩度的因素,以及目前通常使用的嫩化方法,最后提出了展望。

关键词:牛肉;嫩度;嫩化方法

Abstract: There are many factors that affect on the quality of beef and the most important factor is tenderness. In this article, the factors that have effect on the tenderness and the tenderization technology usually used are presented; the future prospect is put forward in the end.

Keywords: beef; tenderness; tenderization technology

中图分类号: TS251 文献标识码: A

文章编号: 1001-8123 (2007)11-0018-05

随着人民生活水平的不断提高,人类食品结构发生了很大变化,牛肉的消费量逐年上升。与此同时,消费者对牛肉的质量要求也越来越高,越来越

食品工业科技 1998,5 68~70.

[5] 王雪青,马长伟.以干酪乳杆菌和葡萄球菌为发酵剂生产干发酵香肠过程中的主要理化和微生物变化[J].食品与发酵工业,2000 24 6:6~11.

[6] 杨洁彬主编.乳酸菌—生物学基础及应用[M].北京 中国轻工业出版社 1996.

[7] 杨铭铎.肉的发酵工艺与影响因素的研究[J].食品科学 2000, 21(9):36~39

[8] Hayes PR.Food Microbiology and Hygiene[M]. London and NewYork: Elsevier Applied science publishers, 1995.

[9] S.C.Murphy, D.Gilroy, J.F.Kerry, D.J.Buckley, J.P.

越青睐于肉质柔软细嫩、多汁的肉。我国肉牛业是一个新兴产业,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。因此,我国的牛肉在国际市场上缺乏竞争力,严重制约了我国肉牛业的发展。不断提高我国牛肉的质量和产量,从而提高企业的经济效益,这将是振兴民族工业的关键。

1 影响牛肉嫩度的因素^[1-2]

1.1 牛肉本身内在因素

肉的嫩度主要由肌肉组织、结缔组织的含量及性质、肌原纤维蛋白的化学结构状态、肉类持水性的大小、脂肪组织的分布情况、分布数量等因素决定的。

1.1.1 肌纤维直径、密度和类型

肌纤维直径越粗,单位肌肉横断面积内肌纤维的数量越多,切断肌肉所需的剪切力就越大,肉

Kerry, Evaluation of surimi, fat and water content in a low/no added pork sausage formulation using response surface methodology Meat Science 66(2004)689~701.

[10] Francisco Jimenez Colmenero*, Giovana Barreto, Natalia Mota and Jos'e Carballo Influence of Protein and Fat Content and Cooking Temperature on Texture and Sensory Evaluation of Bologna Sausage Lebensmittelwiss.u.-Technol., 28, 481~487(1995).

[11] AriHara. Lactobacillus acidophilus Group Lactic Acid Bacteria applied to meat fermentation[J]. Food Sci., 1998, (3):544~546.

的嫩度也就越小。

1.1.2 肌内脂肪含量

正常品质的肉,其嫩度随肌内脂肪含量的增加而增大,但脂肪继续增加,嫩度将不再继续增加,有时甚至下降。这是由于脂肪组织和结缔组织呈交叉状分布,脂肪含量增多可能会降低结缔组织的物理强度,从而使肉的感觉品质得到改善。

1.1.3 肌糖原含量

肉的最后 pH 受肌糖原含量的影响,肌糖原含量过高,肉终点 pH 偏低,嫩度往往较差;肌糖原过少,则终点 pH 偏高,易导致 DFD 肉。

1.1.4 结缔组织含量和组成

肉的嫩度随肌肉中结缔组织的增多而下降,随结缔组织中热不稳定胶原蛋白或可溶性胶原蛋白的比例增加而相应提高。

1.1.5 蛋白水解酶的含量及活性

钙激活酶(CDP)的含量和活性越大,肉的嫩度也越大,特别是 CDP-I 的含量和活性,CDP 抑制剂的含量和活性与肉的嫩度呈负相关。

1.1.6 游离钙、锌、镁离子的浓度

钙离子与锌离子通过影响肉中 CDP 酶的活性来影响肉的嫩度,钙离子浓度越高,CDP 酶活性越大,肉的嫩度也就越大;锌离子浓度升高则会导致肉的嫩度下降,这主要是因为锌离子是 CDP 酶的封闭因子。在活体动物肉中,镁离子会与钙离子产生拮抗作用,影响肉中生化反应过程,从而影响肉的嫩度。

1.1.7 大理石状纹理状况

肉的大理石纹理结构影响肉的感觉指标,大理石纹理结构越好,剪切力值越低,嫩度越大,越富于多汁性。

1.2 牛的年龄与品种

年龄大的牛,瘦肉色暗,纹理较粗,肋骨宽而扁平,脊突色白而质硬;年龄小的牛则相反,肌肉纹理很细,色鲜红,肉质细嫩。品种不同,其肉的嫩度也不同,这是由于 CDP 酶及其抑制剂的活性不同造成的。

1.3 其它影响牛肉嫩度的因素

影响牛肉嫩度的还有牛的性别,肉的部位,肉的 pH 值、温度、肌断裂指数、肌间脂肪分布、初步加工条件、保存条件和时间、熟制品加工的温度和时间、技术等因素。

2 牛肉嫩化方法

为了改善牛肉的质量,常对牛肉进行嫩化。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嫩化方法。

2.1 低温吊挂自动排酸成熟

该方法是将动物胴体后腿朝上,挂在 10℃ 以下的低温库中进行自动排酸,自然完成宰后肉的僵直、解僵和成熟的过程^[3]。在整个排酸过程中,吊挂的部位对牛肉的嫩化效果有着重要影响。

胡铁军等^[4]研究表明骨盆吊挂嫩化效果最好。但并非肌节拉伸越长嫩度越大,当超过一定限度,嫩化作用反而减小。

该方法在低温条件下进行,控制了微生物的生长,我国目前生产高档牛肉主要采用这种方法。但这种方法占用冷库时间长、耗能大、易氧化、干耗高、易受嗜冷性细菌污染、费用高、效率低。

2.2 机械嫩化法

机械嫩化法是利用机械外力使肌动蛋白和肌球蛋白分离,从而将肌节拉长,肌膜等结缔组织也因受到外力的冲击而变得松散破碎,最终使肉变得柔软。

机械嫩化法常用的方法有机械滚揉法和重组嫩化法。

2.2.1 机械滚揉法

机械滚揉法是通过将腌制的肉块采用机械的方法进行翻滚,使肉体表面形成黏液,从而增加肉的嫩度。

王卫^[5]研究了不同方法对传统酱卤牛肉制品嫩度的影响。盐水注射后滚揉 4 小时,采用低温肉制品 80℃ 的热加工温度(肉块中心温度约 75℃)时得到产品的嫩度最佳;同时考察了肉块盐水注射滚揉后腌制时间对嫩度的影响,结果表明:盐水注射后滚揉时间 4~8 小时,2℃ 静腌 24 小时和低温肉制品 80℃ 的热加工工艺能显著改善产品嫩度。

2.2.2 重组嫩化法

重组嫩化法是将嫩度低的肉用切片机切片,然后混合食盐及磷酸盐,直至肉片产生粘度为止,抽取肌肉中的蛋白使肉片黏在一起,而达到改善嫩度的目的^[4]。这种方法结合了腌制和斩拌等工序,能进一步提高肉的嫩度,增加肉品的持水性和

改善肉品的质量。

赵立艳等^[6]研究了酸性焦磷酸盐(SAPP)、焦磷酸盐(TSP)、三聚磷酸盐(STPP)对牛肉半腱肌的嫩化作用。结果表明:分别用3%的磷酸盐溶液浸渍处理后,TSP和STPP极显著的改变了牛半腱肌的嫩度($P<0.01$),SAPP显著的改善了牛半腱肌的嫩度($P<0.05$)。

曹效海^[7]研究了在新鲜牦牛肉中添加不同比例的持水剂(复合磷酸盐),用加热离心法测定牦牛肉的持水力值。实验表明复合磷酸盐的比例为2:2:1(三聚磷酸钠:焦磷酸钠:六偏磷酸钠),添加量为0.4%时,牦牛肉保水性能和嫩度最佳。

2.3 电刺激嫩化法

电刺激是家畜经屠宰放血后,在一定的电压电流下,对胴体进行通电,通过肌肉组织产生的系列变化,从而达到改善肉质提高嫩度的目的^[8]。

电刺激促进肌肉嫩化的机理是:利用电刺激加快肌肉中ATP的降解,促进糖原的分解速度,使胴体pH值快速下降,从而加快了尸僵过程,减少了冷收缩,提高了肉的嫩度;pH值下降,也促进了酸性蛋白酶的活性,蛋白酶分解蛋白质,使大分子分解为小分子,从而嫩度增加;同时电刺激还能激发强烈的收缩,导致肌原纤维断裂,肌原纤维间的结构变得松弛,使其可以容纳更多的水分,从而提高肉的嫩度。

电刺激的应用减少了胴体冷却和成熟所用的时间,同时节省了胴体吊挂冷却成熟所占用的空间,能为企业带来显著的经济效益。

李志远等^[9]开发出了采用AT89C2051单片机控制技术的牛肉嫩化电刺激器,该仪器体积小(27cm/20cm/35cm),工作可靠,操作灵活,可根据牛肉的老、嫩调节通电、间歇时间,工作完成后由蜂鸣器提示,性价比高。

王玉宁等^[10]研究了电刺激和延迟冷却法对宰后牛肉肌原纤维蛋白降解变化的影响。结果表明:电刺激和延迟冷却提高了肌原纤维小片化的程度,促进了肌间线蛋白Desmin和伴肌动蛋白Nebulin的降解,缩短了成熟时间,提高了牛肉嫩度。

罗欣等^[11]研究了电刺激电压和电刺激时间对跟腱和牛肩部嫩度的影响。结果表明:用合适的电刺激参数对牛胴体进行电刺激可以达到牛肉快速成熟嫩化的目的,使牛肉的成熟时间缩短,牛肉剪切

力值降低。

2.4 高压嫩化法

高压嫩化主要是通过机械作用和蛋白酶的水解作用来达到嫩化的目的^[12]。

2.4.1 机械作用

高压作用下使肌肉体积收缩,肌膜和肌原纤维破裂,肌动蛋白和肌球蛋白之间发生一定错位,造成肌肉结构松散而提高肉质嫩度,达到嫩化效果。

2.4.2 蛋白酶的水解作用

高压作用使肌肉中溶酶体破裂,释放组织蛋白酶,同时利用高压破坏肌质网,从而导致 Ca^{2+} 浓度升高,激活钙激活酶系统,通过钙激活酶降解肌纤维的结构蛋白,从而达到嫩化的目的。

高压嫩化(1MPa~10MPa)具有嫩化效果明显、作用均一的优点。同时卫生条件良好,不会增加微生物污染的机会,可以起到杀菌作用。

刘熙等^[13]对年龄在2~3岁,体重为500kg的西门塔尔公牛的半腱肌进行了高压嫩化处理,结果表明:高压嫩化处理对牛肉的综合指标、SF值和肌组织的结构产生了明显影响,并得到提高嫩度的最佳工艺条件,即高压300MPa、2min。

白艳红等^[14]研究了牛肌肉的显微结构及剪切力在高压处理下的变化,并探讨了超高压处理对其肌肉的嫩化作用,结果表明在压力为700MPa,室温,保压20min的处理条件下,牛肌肉显微组织结构变化明显:肌节发生明显收缩,其肌节收缩率为34.8%,高压处理后牛肉的剪切力值显著下降($p<0.05$),证明超高压处理对牛肉具有嫩化作用。

靳焯等^[15]研究了高压处理对牛肉感官特性与食用品质的影响,结果表明在室温下用250MPa的压力处理宰后热剔骨(6小时以内)真空包装的牛肉10min,0~4℃冷藏条件下贮存2~3d,可获得嫩度好、其它感官指标不明显低于低温吊挂成熟7~10d的产品。

2.5 外源酶嫩化法

利用外源蛋白酶嫩化肉类常用的酶有植物性蛋白酶、动物性蛋白酶以及微生物蛋白酶等几大类,其使用方法有喷洒搅拌、浸泡、注射、活体静脉注射和宰后大动脉注射泵注等^[16]。其中以植物性蛋白酶类的嫩化效果为好,它可分解胶原和弹性蛋白,能够特异性地水解肌肉中的结缔组织纤维,

能将肌球蛋白和胶原蛋白降解成为小分子的多肽甚至氨基酸,使其成为无定型团块。

外源酶嫩化法作用机理是在宰前10~30min向静脉血液注入氧化态的蛋白酶制剂,用量为体质量的2%~5%,由此避免动物的应激。宰后注射活性为 1.6×10^4 单位的酶剂,用量为肉重的0.2%~0.5%。宰后在还原物质作用下,使酶由氧化态转为有活性的还原态酶,对肉组织发生嫩化作用。

马美湖等^[17]通过向宰后牛的股二头肌注射木瓜蛋白酶来嫩化牛肉,并于后熟24h左右进行了可溶性胶原蛋白含量的测定,结果表明宰后注射木瓜蛋白酶可显著提高牛肉嫩度。

汪学荣^[18]等在制作牛肉干的工艺中,研究发现添加菠萝蛋白酶、 CaCl_2 、抗坏血酸钠进去,能提高牛肉干的嫩度,并得到最佳配比为菠萝蛋白酶1.5%, CaCl_2 3.0%,抗坏血酸钠0.6g/kg。

曹效海^[19]用菠萝蛋白酶、复合磷酸盐、钙盐等处理耗牛肉,研究其保水性、pH值和嫩度的变化规律。结果表明 CaCl_2 、菠萝蛋白酶和复合磷酸盐能有效提高耗牛肉的嫩度,其最佳浓度依次为3.0%、0.01%和0.4%,嫩化时间为15min,嫩化温度为7℃。

刘学文等^[20]研究发现采用木瓜蛋白酶、钙离子激活剂嫩化处理,并经熟制等处理的牛肉干,色泽棕红,脆嫩爽口,风味独特。

张美玲等^[21]通过研究牛肉干水分含量对其品质、贮藏期的影响,并结合木瓜蛋白酶、复合磷酸盐嫩化,研制出出品率高达55%的半干型嫩化五香牛肉干。其最佳工艺参数为:每千克鲜肉添加1mg的木瓜蛋白酶处理,55℃烘制4h。产品色泽棕红,口感脆嫩,风味独特,出品率高。

2.6 内源蛋白酶嫩化法

肌肉嫩度变化的反应是在多种酶的协同作用下完成的,其中钙激活酶起着主要作用,它启动肌原纤维蛋白的降解,破坏Z线,释放肌纤维,从而引起其他蛋白酶的作用,促进肌纤维的降解。钙激活酶是一种内切酶,这个酶体系中主要有三个成分:钙激活酶-I,钙激活酶-II,钙激活酶抑制蛋白^[22]。

随着 Ca^{2+} 浓度的提高,肉中的依钙蛋白酶活性增加,依钙蛋白酶抑制剂的活性降低,从而使

α -肌动蛋白从Z线消失,引起纤维的部分降解,并伴随肌钙蛋白、肌球蛋白、连接蛋白等的水解。同时,也影响低需钙性蛋白酶以及它的活性,促使其它蛋白的水解,从而导致了肌原纤维间出现空隙,在I带和Z线之间的连接处出现断裂,肌纤维膜的胶原纤维和无定形胶底膜逐渐水解,最后导致肌肉结构本身衰弱,使之断裂成碎片而达到嫩化的目的^[4]。

马美湖等^[17]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。

Milligan等^[23]研究发现,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。

2.7 基因工程嫩化方法

基因工程嫩化法是利用生物工程对动物内的肌肉生长发育基因进行调控,通过基因的调控获得嫩度好的肉。

基因工程嫩化法主要通过活体来调控钙激活酶抑制蛋白的含量,以及调控脂肪在畜体内的沉积顺序来改善肉质。

2.7.1 活体调控钙激活酶抑制蛋白的含量

通过调控钙激活酶抑制蛋白的含量来改变肌肉中蛋白质的代谢速度,从而改变肌肉中蛋白质的积存,最终改变瘦肉的生产量。在动物准备屠宰前则通过调控钙激活酶的活性来改善肌肉的嫩度。

2.7.2 调控脂肪在畜体内的沉积顺序

沉积在内肌周膜和肌内膜的脂肪均匀地分布于肌肉中,使肌肉呈大理石状,嫩度好、风味浓、多汁、口感好;但皮下脂肪对肉的品质则没有任何益处,在加工中很难利用,价值很低。因此,调控脂肪在畜体内的沉积顺序,减少皮下脂肪的产量具有重要意义。

目前基因工程嫩化法研究的还不是很多,毛学英^[16]完成了钙激活酶和钙激活酶抑制蛋白的基因克隆和染色体定位。

H.S.Cheong等^[24]研究了牛肉的肌联蛋白(TCAP)同质多晶现象与其大理石纹理结构之间的联系,结果表明TCAP同质多晶现象对肉的品质有着重要影响。

S. Costello 等^[2,5]研究了钙激活酶-I, 钙激活酶-II 和生长激素基因中的多态现象与牛的背最长肌的嫩度之间的联系。结果显示钙激活酶-I 外显子-9(Exons9)基因型与剪切力值(WBSF)有关, 与 GG 基因型比起来, GA 基因型能降低 WBSF 值和增加嫩度, 研究同时表明同质多晶现象是牛肉嫩度的功能标记。

3 展望

随着我国对牛肉消费量的增加, 以及对牛肉品质的高要求, 牛肉的嫩化显得越来越重要。肉的嫩化方法多种多样, 但有些嫩化机理还不清楚, 有待于进一步的研究; 有的嫩化方法虽然有一定理论意义, 但还处于实验阶段, 还需要不断的研究和完善; 实际生产中还得根据具体情况选择合适的嫩化方法, 以及综合利用几种方法来达到更好的嫩化效果; 同时, 好的嫩化机械也能起到事半功倍的效果, 因此在嫩化机械的开发上也应加大力度, 生产出更方便, 更经济的嫩化机械。

参考文献

[1] 孟渭文. 秦川牛肉物理嫩化初探[J]. 肉类工业, 2005, 287(3): 18~19.

[2] 赵改名, 王艳玲, 田玮. 影响牛肉嫩度的因素及其机制[J]. 国外畜牧科技, 2000, 27(2): 35~40.

[3] 孔保华, 刁新平. 牛肉嫩化技术的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2002(9): 58~59.

[4] 胡铁军, 晋艳曦. 肉嫩化方法及机理[J]. 中国畜产与食品, 1999, 6(3): 138~140.

[5] 王卫. 加工工艺对酱卤牛肉制品嫩度的影响研究[J]. 成都大学学报, 2006, 25(1): 39~41.

[6] 赵立艳等. 磷酸盐对牛肉嫩化作用的研究[J]. 食品工业科技, 2003, 24(5): 27~28.

[7] 曹效海. 影响牦牛肉保水性能的因素及其嫩度的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2001, (9): 1~3.

[8] Eric R, Ravid J E. Modelling Post-Modern Tenderness-II: Enzyme Changes during Storage of electrically stimulated and nonstimulated beef[J]. Meat Science, 1990, 28: 349~363.

[9] 李志远, 王家忠, 程天良, 等. 牛肉嫩化电刺激器[J]. 食品与机械, 2002, 87(1): 35~36.

[10] 王玉宁, 罗欣, 张先锋, 等. 电刺激和延迟冷却

法对宰后牛肉肌原纤维蛋白降解变化的影响[J]. 肉类研究, 2003, 5: 25~28.

[11] 罗欣, 黄明, 朱燕. 电刺激技术在牛肉快速成熟中的应用研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 127~131.

[12] 靳焜, 南庆贤, 武运, 等. 牛肉高压嫩化机理的研究[J]. 肉类工业, 2001, 245: 85~88.

[13] 刘熙, 武军, 胡铁军, 等. 高压处理在牛肉嫩化中的应用研究[J]. 肉类工业, 2001, 245: 88.

[14] 白艳红, 赵电波, 德力格乐桑, 等. 牛、羊肌肉的显微结构及剪切力在高压处理下的变化[J]. 食品科学, 2004, 25(9): 27~31.

[15] 靳焜等. 高压处理对牛肉感官特性与食用品质的影响[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 196~199.

[16] 毛学英. 肉嫩度调控手段的研究发展[J]. 肉类工业, 2000, 11: 24~25.

[17] 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, 23(7): 36~41.

[18] 汪学荣, 邓尚贵, 阙健全. 嫩化型牛肉干的研制[J]. 肉类工业, 2006, 302(6): 23~25.

[19] 曹效海. 牦牛肉在加工过程中嫩化技术的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2006, (5): 88~89.

[20] 刘学文. 嫩化型牛肉干的研究开发[J]. 食品科学, 2002, 23: 106~107.

[21] 张美玲, 肖蓉, 杨涛, 等. 半干型嫩化五香牛肉干的研制[J]. 食品工业科技, 2005, (9): 159~161.

[22] Steen, D, Clmy E, et al. Early post-modern conditions and the calpain/clapastatin system in relation to tenderness of double-musled beef[J]. Meat sci., 1997, (45): 307~319.

[23] 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]. J Anim Sci., 1997, 75: 668~672.

[24] H. S. Cheong, D. Yoon, L. H. Kim, et al. Titin-cap(TCAP) polymorphisms associated with marbling score of beef[J]. Meat Science, 2007, 77: 257~263.

[25] S. Costello, E. O'Doherty, D. J. Troy, et al. Association of polymorphisms in the calpain I, calpain II and growth hormone genes with tenderness in bovine M. longissimus dorsi[J]. Meat Science 2007, 75: 551~557.