

鸭肉在盐腌过程中嫩度和超微结构变化的研究

左伟勇, 王建, 臧大存, 施帅

(江苏畜牧兽医职业技术学院, 江苏 泰州 225300)

摘要: 通过对鸭肉盐腌处理过程中嫩度及相关指标变化的研究, 阐明了在此过程中嫩度变化的机制。取新鲜的番鸭腿肉, 分别在 20 g/L、40 g/L、60 g/L 和 80 g/L NaCl 溶液中进行腌制, 测定剪切力值、结缔组织热变性温度, 并在透射电镜下观察肌原纤维的结构的变化。试验结果表明, 随着盐浓度的增加, 剪切力值呈现出降低的趋势, 热变性点的数量减少, 并且变性的温度发生了变化。超微结构观察表明, 新鲜鸭肉在用 NaCl 溶液进行腌制, 将对肌原纤维的崩解起到促进作用, 肌节长度变化不大, 其中 20~40 g/L NaCl 溶液的作用尤为明显, 在此浓度下有助于改善鸭肉的嫩度。

关键词: 鸭肉; 腌制; 嫩度; 超微结构

中图分类号: TS205.2; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2007)09-0035-04

Changes of Ultra-Structure and Tenderness of Duck Meat Under Curing Treatment

ZUO Wei-yong, WANG Jian, ZANG Da-cun, SHI Shuai

(Jiangsu Animal Husbandry and Veterinary College, Taizhou 225300, China)

Abstract: The effect of curing treatment on duck meat tenderness was investigated. Fresh duck meat samples were cured in 20, 40, 60 and 80 g/L NaCl solution, respectively, for further analysis. The results of DSC thermograms of tissue showed that the shear values and the maximum temperatures of thermal denaturation were decreased with increasing NaCl concentration. Cured with NaCl solution enhanced the structural damage to the myofibrils, especially with the NaCl concentration of 20~40 g/L.

Key words: duck meat; curing; tenderness; ultra-structure

嫩度是决定肉品质的重要指标, 同时也是肉类最重要的感官特征。嫩度是肌肉内各种蛋白质结构特性的总体概括, 反映了肉对舌头感觉的柔软性、对牙齿压力的抵抗力、咬断肌纤维的难易程度和嚼碎程度^[1]。嫩度差异主要由肌肉中结缔组织、肌原纤维和肌浆等的蛋白质成分、含量与化学结构状态所决定^[2-3]。盐腌是我国传统特色禽肉制品加工中的关键环节, 受腌制的作用, 肉的超微细结构变化复杂, 这种超微细结构上的变化与肉在加工过程中的汁液流失和质地变化联系密切, 同时在很大程度上决定着肉制品的品质。近年来, 国内外肉品学的研究取得了一系列进展, 不过, 主要集中在牛肉、猪肉和鸡肉等肉品质和嫩度的研究上。鸭属于水禽, 鸭肉与牛肉、猪肉等家畜肉以及鸡等家禽肉均不相同, 差异较大。由于各方面的原因, 对鸭肉的肉质进行较为深入系统的研究还很少, 尤其是在鸭肉的嫩度及其加工特性上(如盐腌)的研究,

收稿日期: 2007-05-17

作者简介: 左伟勇 (1978-), 博士, 讲师, 主要从事动物营养生理生化的研究

国内外文献未见报道。本试验以鸭肉为材料, 经过不同浓度 NaCl 溶液腌制后, 应用电镜对其超微细结构的变化进行观察, 跟踪比较研究剪切力及肌内结缔组织等指标的变化, 以揭示盐腌对鸭肉嫩度的影响, 并对其作用机制进行探讨, 从而为肉类产品加工及嫩化提供一定的理论指导依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及仪器

番鸭: 由国家水禽基因库(江苏泰州)提供。

DSC823e 差示扫描量热器及 Pyris Manager Series 分析软件(梅特勒-托利多(上海)仪器有限公司); Salter 235 型沃布氏嫩度仪: G-R, USA; 透射电子显微镜(Transmission electron microscopy, TEM): HITACHI H-600, 日本; Alpha 2-1.2 型冷冻干燥机: Christ, 德国; 戊二醛: 购自中国医药集团上海化学试剂公司; 钨酸(OsO_4) (国药集团化学试剂有限公司); Epon-812 树脂、醋酸双氧铀、柠檬酸铅(上海试剂一厂综合经营部); 乙酸异戊酯(上海化学试剂有限公

司); 其余试剂均为分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 鸭肉的盐腌试验

新鲜同一批次二十个原料番鸭, 取其腿肉, 用锋利刀片切成大小为 30 mm×20 mm×10 mm 的肉片若干, 分为 5 组, 对照组 (CK) 不经盐腌加热, 其余分别置于浓度为 20 g/L、40 g/L、60 g/L 和 80 g/L 的 NaCl 溶液中, 4 °C 的条件下腌制约 10 h 后, 放置室温备用。

1.2.2 剪切力值测定

沿肌纤维方向取 5 个直径 1.27 cm 肉柱, 用沃布氏嫩度仪沿肌纤维垂直方向剪切肉柱, 记录剪切力值。最终结果取 5 个测定值的平均值。

1.2.3 差示量热扫描分析 (DSC)

参照文献方法^[4], 取 30 g (湿重) 肉样, 切成 1 cm³ 肉丁, 加入 50 mL 预冷的 CaCl₂ (50 mmol/L), 3000 r/min 绞碎 30 s, 用尼龙网 (100 目) 过滤, 上述过程再重复两次, 最终得到的滤渣称为结缔组织滤渣, 所得结缔组织滤渣经过真空冷冻干燥后进行差示量热扫描分析 (Differential Scanning Calorimetry, DSC) 分析, 用量热示差扫描仪测量结缔组织的热量变化, 用空白铝盒作为对照, 精确称量 20 mg 样品, 放入铝盒中, 压盖后进行温度扫描 (温度范围 45~90 °C, 扫描速度 2 °C/min), 用 Pyris Manager Series 软件对热流变化曲线进行分析, 计算出最大热变性温度。

1.2.4 电子显微镜标本的制备

将 1.2.1 中所制备好的样品细切成 0.5 cm×0.5 cm×1.0 cm 肉柱, 于 2.5% 戊二醛固定 3 d (4 °C), 然后经 PBS (pH 7.4) 清洗 3 次, 30 min/次, 再于 1% 锇酸中固定 1.5 h, 然后再经 PBS 清洗 3 次, 30 min/次, 之后乙醇逐级 (30%、50%、70%、90%、100%) 脱水, 每级 20 min; 用于观察的样品用环氧丙烷置换, 于 Epon-812 树脂和丙酮等体积混合液中渗透 4 h, 再在纯 Epon-812 中过夜渗透, 然后将样品包埋, 放入聚合物中聚合 (35 °C, 24 h; 45 °C, 24 h; 60 °C, 48 h), 聚合后的样品在实体显微镜下修块, 半薄切片定位, LKB-V 超薄切片机切片, 超薄切片用醋酸双氧铀-柠檬酸铅双重染色, 自然干燥后在透射电子显微镜 (TEM) 下拍照。用游标卡尺测量肌节长度 (两条 Z 线之间的距离), 每一样品计 30 根肌节长度, 观察肌纤维的超微结构基本特征。

1.3 数据分析

用 SAS8.12 (SAS Inst. Inc. Cary, NC, 2001) 对测定指标进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 剪切力值的变化

图 1 鸭肉经过盐腌加热处理后, 剪切力值随 NaCl 浓度的升高而下降。从数值上来看, 盐浓度在 40 g/L 时的剪切力值与对照组比较下降 23.6%, 40 g/L~60 g/L 变化不大, 60 g/L 后缓慢上升。

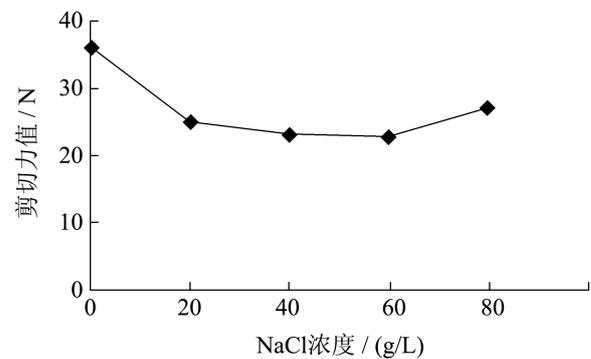


图 1 盐腌加热对鸭胸肉剪切力值的影响

2.2 结缔组织 DSC 热变性温度的变化

图 2 显示了鸭肉经过不同盐浓度处理的温度记录图谱。图 2 显示, 对照组的 DSC 曲线有 2 个明显的峰, 分别对应的温度为 62.9 °C (I 峰) 和 89.6 °C (II 峰), 第 I 峰是肌浆蛋白与胶原蛋白变性峰, 第 II 峰是肌动蛋白变性峰。在经过 20 g/L 盐溶液处理后, 虽然仍然显示出 2 个峰, 但变性温度明显降低。随着盐浓度的升高, 在 40 g/L 盐浓度以后, 热变性点的数量与对照组比较减少为 1 个, 变性温度均随盐浓度的升高而降低, 胶原蛋白热变性温度降为 52.5~54.7 °C。

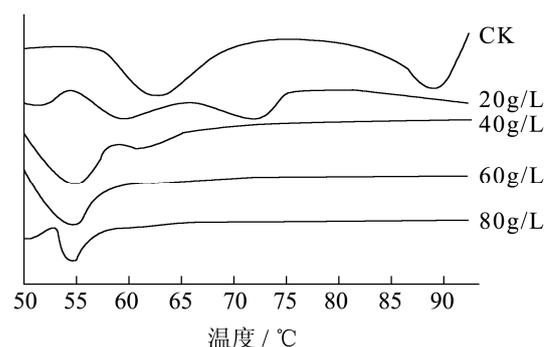


图 2 结缔组织差示量热分析

2.3 盐腌处理后鸭肉透射电镜观察结果

由图 3-图 7 可见, 新鲜鸭腿肉的肌原纤维结构整齐, M 线、Z 线、A 带 (暗带)、I 带 (明带) 和 H 区 (暗带中央较明亮的窄带) 清晰可见, 肌细胞胞质浓稠, 细胞器丰富且排列有序, 经测量, 肌节长度为 1.85 μm。经盐腌处理, 鸭腿肉的肌原纤维结构变得模糊, A 带中心部位的 M 线消失, Z 线弥散。随着盐浓度增加,

盐浓度在60 g/L后肌节长度逐步变窄(图6、7),肌节的肌丝没有发生强烈收缩。当NaCl浓度达到80 g/L时,M线、Z线、A带无法识别。从图8的数值来看,在20 g/L与40 g/L浓度作用下,长度比对照组的增加了10.2% (1.85 ± 0.157 与 2.03 ± 0.115 μm)和11.3% (1.85 ± 0.157 与 2.06 ± 0.172) μm 。

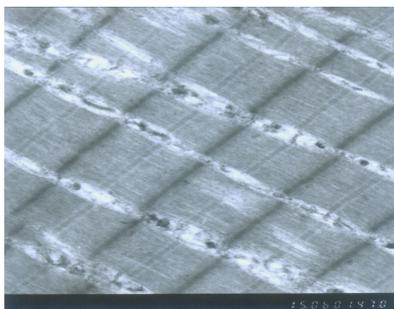


图3 无盐腌加热作用下鸭肉超微结构

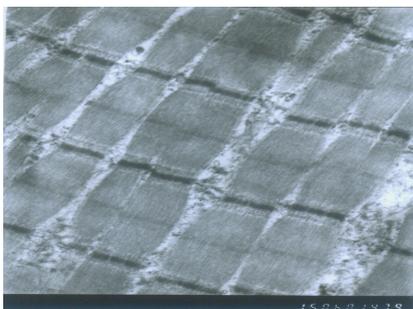


图4 20 g/L 浓度盐腌加热作用下鸭肉超微结构

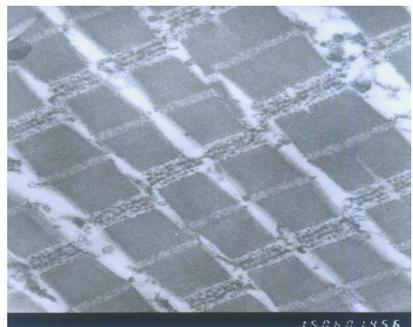


图5 40 g/L 浓度盐腌加热作用下鸭肉超微结构

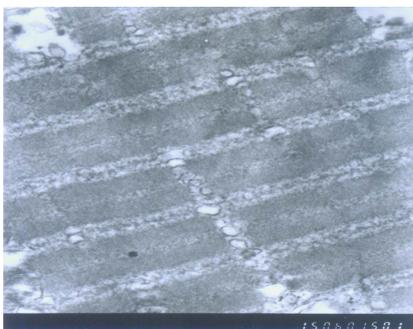


图6 60 g/L 浓度盐腌加热作用下鸭肉超微结构

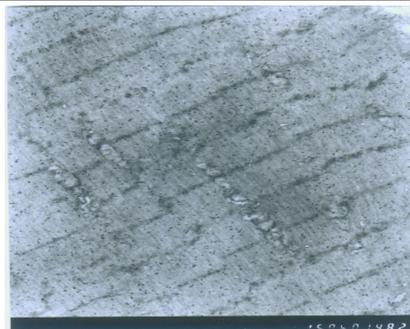


图7 80 g/L 浓度盐腌加热作用下鸭肉超微结构

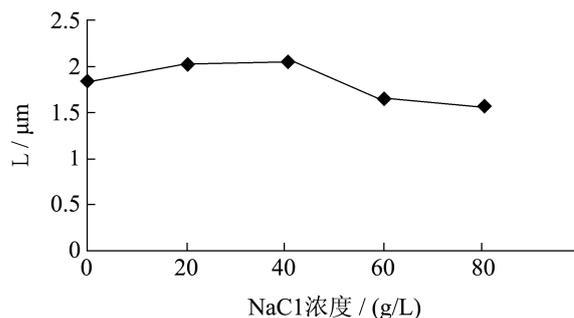


图8 盐腌条件下鸭肉肌节长度的变化

3 讨论

许多研究证明盐对肉的嫩度有改善作用,但是嫩化机制不是很明确,许多学者对此进行了深入的探讨。有试验报道,热剔骨肌肉中注射NaCl可以降低温度导致的变硬,从微观结构上看,肌节长度没有改变,由此认为盐的离子强度是引起嫩化的主要因素^[5]。此外有报道表明肌节长度与肌肉嫩度有关,肌节越长,肉的嫩度越高^[6]。本试验中,鸭肉在盐腌处理后,与对照组比较,剪切力值下降,但随浓度升高,如在40 g/L盐浓度之后,剪切力值的变化趋缓,Z线弥散,A带的中央部位(即M线的位置)发生模糊,说明肌球蛋白从A带的中央部位提取出来,推测在适当的盐浓度,或离子强度的条件下,由于增加了肌肉中肌球蛋白的溶解性,促进了鸭肉蛋白的降解,在20 g/L与40 g/L浓度NaCl作用下,肌节长度增加,说明肉中水分没有被大量的排出,一方面提高了肉的保水性,另一方面改善了肉的嫩度。

Aktas和Kaya为了研究盐的相关嫩化机制,以猪肉为实验材料,用差式扫描量热器对NaCl溶液处理的肌间结缔组织进行了测定,肌间结缔组织的变性起始温度和变性峰温度都比对照显著降低^[7]。Kijowski等^[8]报道随着NaCl浓度的提高,肌球蛋白和肌动蛋白的热稳定性降低。肌浆蛋白是盐溶性蛋白质,随着盐浓度

的提高,肌浆蛋白溶出率增加。Graiver认为,在猪肉腌制时,低浓度的盐(5 g/L)能促进肌纤维胀大,系水力增加,而极高浓度(330 g/L)的盐使肌纤维大量收缩,失去系水力,蛋白质变性分裂^[9]。本试验中,鸭肉经盐腌处理后,胶原蛋白和肌动蛋白的热变性点的温度与以往报道的一致,但没有肌球蛋白的热变性温度,可能与NaCl处理后肌球蛋白重链断裂有关。随着NaCl的浓度升高后,与对照组相比,热变性点的数量减少,胶原蛋白变性温度均随盐浓度的升高而降低,推测在盐腌处理后,肌动蛋白已完全变性,胶原蛋白容易受热变性,而肌浆蛋白溶出增加。

所以对于盐腌而言,盐的嫩化机制可能从以下几个方面说明,(1)使用一定离子强度的食盐时,由于增加了肌肉中肌球蛋白的溶解性,提高肉的保水性;

(2)降低胶原蛋白热稳定性;(3)离子强度对蛋白质-蛋白质、蛋白质-水之间相互作用的影响。结合本试验结果,鸭肉在20~40 g/L的NaCl溶液中腌制,有助于改善肉的嫩度。

参考文献

- [1] 周光宏.肉品学[M].北京:中国农业科技出版社,1999
[2] Hopkins D L, Thompson J M. The relationship between

tenderness, proteolysis, muscle contraction and dissociation of actomyosin[J]. Meat Science, 2001,57, 1-12

- [3] Klont R E, Brocks L, Eikelenboom G. Muscle fibre type and meat quality[J]. Meat Science, 1998,49, S219-S229
[4] 李春保.牛肉肌内结缔组织变化对其嫩度影响的研究[D].南京农业大学博士学位论文,2006
[5] Knight P, Parsons N. Action of NaCl and polyphosphates in meat processing: responses of myofibrils to concentrated salt solutions[J]. Meat Science, 1988,24, 275-300
[6] 吴信生,陈国宏,陈宽维,等.中国部分禽种肌肉组织学特点及其肉品质比较研究[J].江苏农学院学报,1998, 19(4):52-58
[7] Aktas N, Kaya M. Influence of weak organic acids and salts on the denaturation characteristics of intramuscular connective tissue.A differential scanning calorimetry study [J].Meat Science, 2001,58:413-419
[8] Kijowski J M, Mast M GE. Effect of sodium chloride and phosphates on the thermal properties of chicken meat proteins [J].Journal of Food Science, 1988,53(2):367-370
[9] Graiver N, Pinotti A, Califano A. Diffusion of sodium chloride in pork tissue [J].Journal of Food Engineering 2006, 77:910-918

(上接第 34 页)

- [3] J Rosler, Florian K, Nikolaus A, et al, Maize phenylalanine ammonia-lyase has tyrosine ammonia-lyase activity. Plant Physiology,1997 (113):175-183
[4] D' Cunha G B, Satyanarayan V, Nair P M. Novel direct synthesis of L- Phenylalanine methyl ester by using *Rhodotorula glutinis* phenylalanine ammonia lyase in an organic-aqueous biphasic system. Enzyme and Microbial Technology,1994(16):318-324
[5] Marusich W C, Jensen A R Induction of L-Phenylalanine ammonia lyase during utilization of phenylalanine as a carbon source or nitrogen source in *Rhodotorula glutinis*. Journal of bacteriology,1981(146):1013-1018
[6] D Cunha G B. Enrichment of phenylalanine ammonia lyase activity of *Rhodotorula yeast*. Enzyme and Microbial Technology,2005(36): 498-512
[7] Orum H, Rasmussen O F. Expression in *E.Coli* of the gene encoding phenylalanine ammonia lyase from *Rhodospiridium toruloides*. Appl Microbiol Biotechnol,1992(36):745-750
[8] James D.B. Faulkner T, Ansona J G, et al, High-level expression of the phenylalanine ammonia lyase-encoding gene from *Rhodospiridium toruloides* in *Sacchpromyces cerevisiae* and *Escherichia coli* using a bifunctional expression system. Gene,1994(143): 13-19
[9] Fukuhara, Nobuhiro, Yoshino, et al, Recombinant plasmid for the expression of L-phenylalanine ammonia-lyase and transformed strain carrying same. United States Patent,1990
[10] 贾士儒.生物工艺与工程实验技术[M].北京:中国轻工出版社,2002
[11] 杨顺楷,李果龙,赵健身.酵母全细胞苯丙氨酸鲜氨酶(PAL)活性的紫外分光光度测定法[J].天然产物研究与开发, 1990(1):59-64