

乳酸对不同年龄秦川牛肉的嫩化效果

张宝珣¹, 咎林森¹, 李林强^{1,2}, 门江伟¹

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

[摘要] **【目的】**研究不同浓度乳酸对不同年龄秦川牛肉的嫩化效果,以筛选适宜的乳酸处理浓度。**【方法】**以剪切力为指标,研究不同浓度(0(CK), 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 和 0.5 mol/L)乳酸按质量分数 10%用量注射入肉样并于 4 ℃放置 1 d 后,对不同年龄段(2.0, 3.5 和 5.0 岁)秦川牛肉的嫩化效果;通过石蜡切片观察,探讨乳酸对牛肉纤维结构的影响及其与牛肉嫩化效果的关系。**【结果】**随着乳酸浓度上升,不同年龄段秦川牛肉样的剪切力和 pH 值均逐渐下降,其中 0.3 mol/L 乳酸溶液对 2.0 岁秦川牛肉的嫩化效果较好($P < 0.05$), 0.4 mol/L 乳酸溶液对 3.5 和 5.0 岁秦川牛肉的嫩化效果较好($P < 0.05$);与对照相比,用乳酸处理后,牛肉肌纤维直径无显著($P > 0.05$)变化,肌纤维间隙显著($P < 0.05$)增大,剪切力显著($P < 0.05$)降低。**【结论】**乳酸能显著改善各年龄段秦川牛肉的嫩度,肌原纤维间隙也可作为衡量牛肉嫩化效果的指标。

[关键词] 秦川牛肉;嫩化;乳酸;肌纤维直径;肌纤维间隙

[中图分类号] TS251.5⁺2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)03-0030-05

Studies on the tender effects of lactic acid on Qin-chuan beef at different ages

ZHANG Bao-xun¹, ZAN Lin-sen¹, LI Lin-qiang^{1,2}, MEN Jiang-wei¹

(1 College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: **【Objective】** The effects of different concentrations of lactic acid on the tenderness of Qin-chuan beef were studied to select the best method on tenderness. **【Method】** In this study, beef of different ages (2.0 years, 3.5 years and 5.0 years) was tenderized by injecting different concentrations of the lactic acid solution (0(CK), 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 mol/L), and after that stored for 1 d at 4 ℃. Then the beef was subject to shearing force measurement and histological observations. **【Result】** High concentration of lactic acid decreased the shearing force and pH of beef. The lactic acid (0.3 mol/L) injection improved significantly the tenderness of 2-year-old beef ($P < 0.05$), and lactic acid (0.4 mol/L) injection improved significantly the tenderness of 3.5-year and 5-year-old beef ($P < 0.05$). The muscle fibrils gap result was the same to the shearing force, so it was possible to make the muscle fibrils gap as tender index. **【Conclusion】** The lactic acid injection improved significantly the tenderness of Qin-chuan beef at different ages. It is possible to make the muscle fibrils gap as tender index.

Key words: Qin-chuan beef; tenderization; lactic acid; muscle fibril diameter; muscle fibril gap

嫩度是肉的重要感官指标^[1-2], 主要受宰前因素 (年龄、品种、性别和营养状况等) 和宰后因素(宰后

* [收稿日期] 2008-05-07

[基金项目] 农业部公益性行业专项(nyhyzx07-035); 国家科技支撑计划-农林动物育种专项(2006BAD01A10-3); 陕西省“13115”科技创新工程(2007ZDCY-01)

[作者简介] 张宝珣(1982—), 男, 陕西凤翔人, 在读硕士, 主要从事动物生理调控研究。E-mail: zbx3304@163.com

[通信作者] 咎林森(1963—), 男, 陕西扶风人, 教授, 博士生导师, 主要从事动物生殖生理调控研究。E-mail: zanls@yahoo.com.cn

生物学变化、加工方法等)的影响。其中年龄是影响牛肉嫩度的主要因素,年龄越大,牛肉肌原纤维越粗,结缔组织的成熟交联也越多,肉质就越老^[3-4]。

对牛肉的嫩化处理一直是国内外研究的热点,许多学者分别对宰前因素和宰后因素与肉的嫩度关系进行了大量研究,并提出了物理、化学及酶法嫩化法。有机酸嫩化法是化学嫩化法的一种,有机酸嫩化发在国外已开始研究,国内尚未见文献报道。

弱有机酸(乳酸或醋酸)能通过对肌原纤维和结缔组织的弱化来改善肉的嫩度,对结缔组织含量高的牛肉也有很好的嫩化效果^[5]。但是弱酸在肌肉内扩散速度慢,需要浸渍的时间长,因而使这一方法的应用受到极大限制^[6-8]。为此,本研究以不同年龄秦川牛肉为试验对象,采用注射法将乳酸直接注射到牛肉内进行嫩化处理,并探讨嫩化处理对牛肉肌纤维直径和肌纤维间隙的影响及其与嫩度的关系,以期为弱有机酸在牛肉嫩化中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 主要仪器与试剂 C-LM 型数显肌肉嫩度计,由东北农业大学工程学院生产;PHS-3CT 酸度计,由上海精密仪器有限公司生产;乳酸(分析纯),由天津博迪化工有限公司生产。

1.1.2 肉 样 由国家肉牛改良中心提供,分别为 2 岁、3.5 岁和 5 岁秦川牛半腱肌,沿肌纤维方向切成 5cm×5cm×5cm 的肉块备用。

1.2 试验方法

1.2.1 牛肉的嫩化处理 用医用注射器(5 mL)沿肌纤维方向向不同年龄秦川牛肉样分别注射 0.1、0.2、0.3、0.4 和 0.5 mol/L 的乳酸溶液,以同样方式向肉样内注射蒸馏水作为对照,注射量为肉质量

的 10%。以上每个处理重复 5 次,处理肉样均在 4℃下放置 1 d,然后测定相关指标。

1.2.2 剪切力的测定^[9] 各处理均取 20 g 左右的肉样,连同包装放入(80±1)℃的水浴中,加热至肉块中心温度为 75℃左右时取出,冷却至室温,然后用圆孔取样器(直径 1.27 cm)顺肌纤维方向取样,共取 3 个肉柱,在嫩度仪上分别测定其剪切力,每个肉柱重复测定 2 次,结果取平均值。剪切力≤39.2 N 较为理想。

1.2.3 pH 值的测定 用便携式 pH 计直接插入肉样中测定 pH 值,每个肉样重复测定 4~6 次,结果取平均值。

1.2.4 嫩化效果的显微检测 用石蜡切片术,选对不同年龄牛肉嫩化效果最佳的肉样,切成 0.2 cm×0.2 cm×0.2 cm 小块,Bouin's 液固定 24 h,酒精脱水,二甲苯透明,石蜡包埋。切片厚约 1.8 μm,H. E 染色,于 Leica 显微镜下观察,Leica V2 系统拍照摄像,并作定量分析。

1.2.5 数据处理 运用 SPSS 软件进行数据处理,结果以 $\bar{x} \pm SD$ 表示。

2 结果与分析

2.1 不同浓度乳酸处理对不同年龄秦川牛牛肉剪切力的影响

2.1.1 2.0 岁秦川牛肉样 由表 1 可见,随着乳酸浓度上升,肉样的剪切力逐渐下降,当乳酸浓度达到 0.3 mol/L 时,剪切力较对照下降 46.19%,差异显著($P<0.05$);乳酸浓度为 0.3、0.4 和 0.5 mol/L 时,各处理间牛肉剪切力变化不显著($P>0.05$),表明 0.3 mol/L 乳酸处理对 2 岁秦川牛牛肉的嫩化效果较理想。

表 1 不同浓度乳酸处理对 2.0 岁秦川牛牛肉剪切力的影响

Table 1 Influence of lactic acid of different concentrations on the shearing force of 2-year-old age beef

乳酸浓度/(mol·L ⁻¹) Concentration of lactic acid	重复测定剪切力/N Results of repeating tests						平均 Average
	1	2	3	4	5	6	
0(CK)	69.78	66.05	63.99	67.23	68.70	65.56	66.84±2.16 a
0.1	63.41	65.56	66.84	60.47	68.01	60.27	64.09±3.23 a
0.2	42.43	40.38	43.81	46.06	47.53	45.47	44.30±2.65 b
0.3	32.83	38.91	38.81	39.30	34.01	32.14	35.97±3.33 c
0.4	31.75	35.57	36.75	37.44	34.40	31.75	34.59±2.45 c
0.5	33.71	30.77	36.16	36.06	35.48	33.03	34.20±2.16 c

注: 同列数据后标相同字母表示差异不显著($P>0.05$),标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note:The same letter denotes the difference insignificant($P>0.05$),the dissimilar letter denotes significant difference($P<0.05$). The same as the following.

2.1.2 3.5 岁秦川牛肉样 由表 2 可见,随着乳酸浓度上升,肉样的剪切力逐渐下降,当乳酸浓度达到

0.4 mol/L 时,剪切力较对照下降 46.32%,差异显著($P<0.05$);乳酸浓度为 0.4 和 0.5 mol/L 的两处理间,牛肉剪切力变化不显著($P>0.05$),表明

0.4 mol/L 乳酸处理对 3.5 岁秦川牛牛肉的嫩化效果较理想。

表 2 不同浓度乳酸处理对 3.5 岁秦川牛牛肉剪切力的影响

Table 2 Influence of lactic acid of different concentrations on the shearing force of 3.5-year-old beef

乳酸浓度/(mol·L ⁻¹) Concentration of lactic acid	重复测定剪切力/N Result of repeating tests						平均 Average
	1	2	3	4	5	6	
0(CK)	71.34	75.66	72.42	71.64	73.01	75.17	73.21±1.57 a
0.1	71.74	72.62	74.38	70.76	70.46	70.36	71.74±1.76 a
0.2	58.60	59.88	56.55	55.27	54.10	54.98	56.55±2.25 b
0.3	45.96	43.41	43.22	47.24	48.71	48.22	46.16±2.35 b
0.4	37.83	36.95	39.59	40.18	36.16	39.00	38.32±1.57 c
0.5	39.59	35.48	35.18	37.93	36.65	38.32	37.14±1.67 c

2.1.3 5.0 岁秦川牛肉样 由表 3 可见,随乳酸浓度上升,肉样的剪切力逐渐下降,当乳酸浓度达到 0.4 mol/L 时,剪切力较对照下降 53.37%,差异显著($P<0.05$);乳酸浓度为 0.4 和 0.5 mol/L 的两

处理间,牛肉剪切力变化不显著($P>0.05$),表明 0.4 mol/L 乳酸处理对 5 岁秦川牛牛肉的嫩化效果较理想。

表 3 不同浓度乳酸处理对 5.0 岁秦川牛牛肉剪切力的影响

Table 3 Influence of lactic acid of different concentrations on the shearing force of 5-year-old beef

乳酸浓度/(mol·L ⁻¹) Concentration of lactic acid	重复测定剪切力/N Result of repeating tests						平均 Average
	1	2	3	4	5	6	
0(CK)	86.63	84.97	90.36	86.53	87.12	87.22	87.12±1.76 a
0.1	86.63	82.61	88.10	83.99	87.41	86.53	85.85±2.16 a
0.2	75.95	72.91	71.64	75.36	73.70	72.62	73.70±1.67 b
0.3	63.21	60.96	60.07	59.58	59.19	58.02	60.17±1.76 b
0.4	38.91	41.06	42.34	39.89	37.63	43.90	40.62±2.25 c
0.5	38.51	39.98	42.73	41.45	39.89	40.28	40.47±1.47 c

2.2 不同浓度乳酸处理对不同年龄秦川牛牛肉 pH 值的影响

由表 4 可见,随乳酸浓度上升,肉样的 pH 值下降,当乳酸浓度为 0.3 mol/L 时,3 个年龄段牛肉 pH 值分别下降到 5.23,5.22 和 5.25,均与对照差

异显著($P<0.05$);当乳酸浓度为 0.4 mol/L 时,3 个年龄段牛肉 pH 值分别下降到 5.10,5.03 和 5.07,均与对照差异显著($P<0.05$),与 0.5 mol/L 乳酸处理差异不显著($P>0.05$)。3 个年龄段的牛肉经乳酸处理后,pH 值变化趋势基本一致。

表 4 不同浓度乳酸处理对牛肉 pH 值的影响

Table 4 Influence of lactic acid of different concentrations on the beef pH

乳酸浓度/(mol·L ⁻¹) Lactic acid concentration	年龄/岁 Age			乳酸浓度/(mol·L ⁻¹) Lactic acid concentration	年龄/岁 Age		
	2.0	3.5	5.0		2.0	3.5	5.0
0(CK)	5.72±0.17 a	5.68±0.18 a	5.74±0.10 a	0.3	5.23±0.07 c	5.22±0.08 b	5.25±0.12 bc
0.1	5.63±0.05 a	5.57±0.11 a	5.71±0.21 a	0.4	5.10±0.08 d	5.03±0.10 c	5.07±0.12 cd
0.2	5.49±0.09 b	5.35±0.12 b	5.37±0.14 b	0.5	5.05±0.07 d	4.92±0.18 c	4.96±0.20 d

2.3 不同浓度乳酸对不同年龄段牛肉肌肉纤维结构的影响

由图 1A~C 可见,肉样在未处理前,肌纤维排列紧密,间隙小,相互拥挤呈多棱形;随着年龄的增加,肌纤维的直径变粗,单位面积内肌纤维数目减少,而肌纤维间隙变化不大,肌纤维排列的紧密程度不受影响。由图 1D~F 可见,经乳酸处理后,肉样的肌纤维排列变疏松,无紧凑感,肌纤维间隙增大,棱角变得不明显,形状接近椭圆;处理后各年龄段肉

样之间相比,肌纤维间隙的变化不显著,与未处理肉样各年龄段之间的变化趋于一致,乳酸对肌纤维直径的影响较明显,对肌纤维间隙的影响不显著。

由表 5 可见,肌纤维直径随肉牛年龄增加而显著增大($P<0.05$),2.0 岁、3.5 岁和 5.0 岁秦川牛肉样肌纤维直径差异显著($P<0.05$);经乳酸处理后,各年龄段牛肉样肌纤维直径略有缩小,但均与各自对照无显著差异($P>0.05$)。肌纤维间隙随肉牛年龄的增加而缩小,但各年龄牛肉样差异不显著

($P>0.05$);经乳酸处理后,2.0 岁、3.5 岁和 5.0 岁秦川牛肉样肌纤维间隙均显著增加($P<0.05$),分别较各自对照增加 9.23,8.45 和 8.40 μm 。经乳酸处理后,各年龄段秦川牛肉样剪切力均较对照显著下降($P<0.05$)。牛肉的剪切力随着肉牛年龄的增加而显著增大($P<0.05$),这与肌纤维直径的变化

趋势趋于一致,说明肌纤维随年龄增加而增粗,是导致年龄影响牛肉嫩度的主要原因之一;而肌纤维间隙随肉牛年龄增加的变化趋势与剪切力的变化相反,表明肌纤维间隙也可以作为衡量乳酸处理对牛肉嫩度影响的指标。

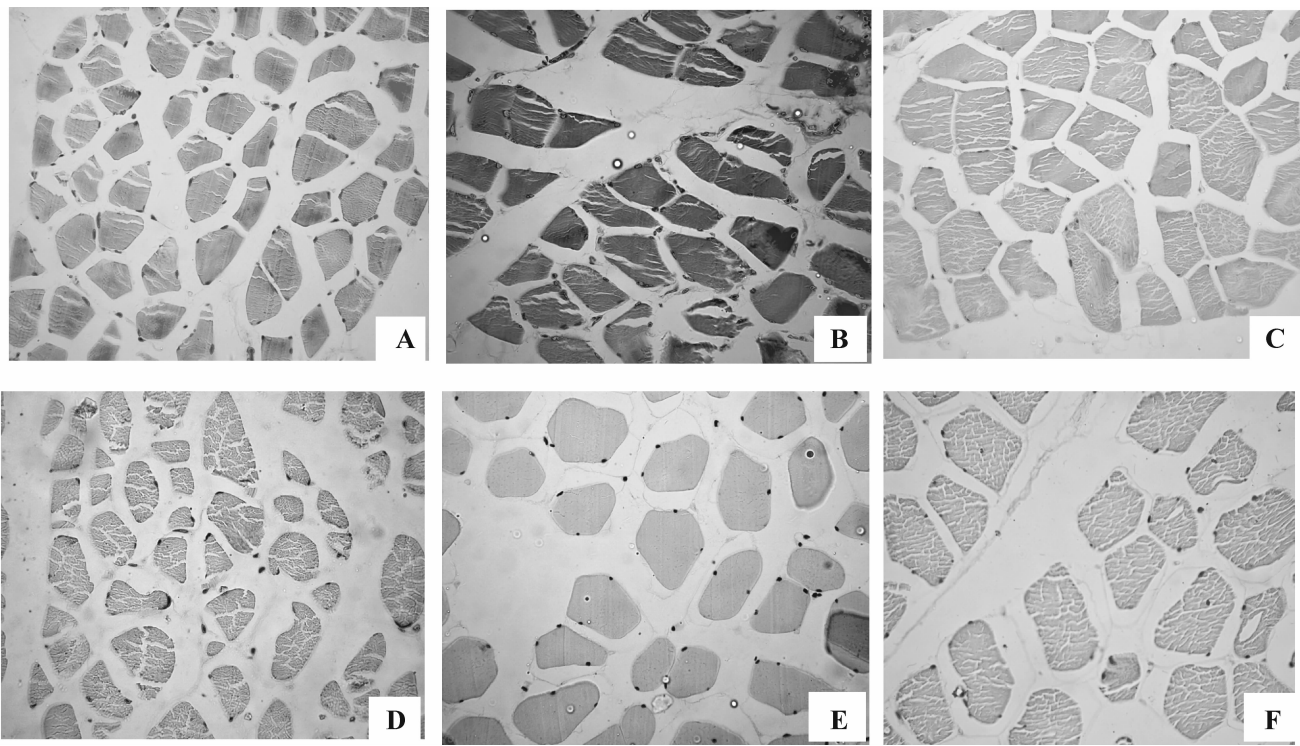


图 1 不同浓度乳酸处理 2.0,3.5 和 5.0 岁秦川牛肉样后的石蜡切片($\times 400$)
A. 2.0 岁牛对照肉样;B. 3.5 岁牛对照肉样;C. 5.0 岁牛对照肉样;D. 0.3 mol/L 乳酸处理 2.0 岁牛肉样;E. 0.4 mol/L 乳酸处理 3.5 岁牛肉样;F. 0.4 mol/L 乳酸处理 5.0 岁牛肉样

Fig. 1 Paraffin sections of 2,3,5 and 5-year-old beef treated with lactic acid of different concentrations ($\times 400$)
A. Control beef of 2.0 age cattle;B. Control beef of 3.5 age cattle;C. Control beef of 5.0 age cattle;D. 0.3 mol/L lactic acid treatment beef of 2.0 age cattle;E. 0.4 mol/L lactic acid treatment beef of 3.5 age cattle;F. 0.4 mol/L lactic acid treatment beef of 5.0 age cattle

表 5 乳酸处理对各年龄牛肉肌纤维直径、肌纤维间隙及剪切力的影响

Table 5 Influence of the lactic acid treatment on the beef muscle fiber diameter,muscle fiber gap and shearing force				
年龄/岁 Age	乳酸浓度/(mol·L ⁻¹) Concentration of lactic acid	肌纤维直径/ μm Muscle fiber diameter	肌纤维间隙/ μm Muscle fiber gap	剪切力/N Shearing force
2.0	0(CK)	48.38 $\pm$ 1.56 a	3.24 $\pm$ 1.51 a	66.84 $\pm$ 2.16 a
3.5	0(CK)	54.84 $\pm$ 2.45 b	3.13 $\pm$ 2.03 a	73.21 $\pm$ 1.57 b
5.0	0(CK)	58.68 $\pm$ 2.43 c	2.96 $\pm$ 1.24 a	87.12 $\pm$ 1.76 c
2.0	0.3	47.13 $\pm$ 1.37 a	12.47 $\pm$ 2.11 b	35.97 $\pm$ 3.33 d
3.5	0.4	54.31 $\pm$ 2.27 b	11.58 $\pm$ 1.82 b	38.32 $\pm$ 1.57 e
5.0	0.5	57.22 $\pm$ 1.59 c	11.36 $\pm$ 1.02 b	40.47 $\pm$ 1.47 f

3 讨 论

在酸液(如醋酸和乳酸)中浸渍,是传统的嫩化及改善肉品风味的方法。酸的作用效果取决于处理后 pH 值的高低,pH 的降低对肉质地的影响与 3 种机制的综合作用有关:(1)肌原纤维通过主轴膨胀而

使承载物质稀释^[10];(2)肌束膜中结缔组织变弱^[11-12];(3)适宜 pH 值较低的蛋白酶(主要是组织蛋白酶)加速了嫩化作用^[13]。乳酸处理不仅能弱化肌原纤维,还能弱化结缔组织,对不可溶性胶原蛋白含量高的牛肉仍有良好的嫩化效果。但是,由于外源酸的渗透缓慢,达到充分浸渍所需的时间长,使这

一方法的应用受到了限制。本试验使用注射的方法,能加速乳酸在肌肉中的扩散速度,提高其对牛肉的嫩化效果。

本试验结果表明,随着年龄的增加,秦川牛牛肉肌纤维直径显著增大,说明肌纤维直径的增加是导致牛肉嫩度下降的主要原因之一。5.0 岁与 2.0 岁秦川牛肉样相比,肌原纤维显著增粗($P<0.05$)。弱酸处理嫩化牛肉时,当肉的 pH 达到 5.0 甚至更低时,才能有效地弱化结缔组织^[14],降低不可溶性胶原蛋白含量。本试验结果表明,0.3 mol/L 乳酸溶液对 2.0 岁秦川牛牛肉嫩化效果显著($P<0.05$),此时 pH 值为 5.2,对结缔组织的弱化作用较小,对肌原纤维的弱化作用占主导地位,这是由于 2.0 岁秦川牛牛肉中不可溶性胶原蛋白含量不高,剪切力主要来自肌原纤维的抗机械剪切力。0.4 mol/L 乳酸对 3.5 岁和 5.0 岁秦川牛牛肉的嫩化效果显著($P<0.05$),此时 pH 值下降到 5.0 左右,其嫩化机制是对肌原纤维和结缔组织共同起弱化作用。

剪切力是肉嫩化研究中的一个常用指标,但是由于测量仪器差异较大,导致测量结果偏差极大。随着对肉嫩化研究的深入,研究者提出了用胶原蛋白溶解度^[15]、肌原纤维和结缔组织超微结构变化^[16]、肌原纤维小片化指数(MFI)^[17]、肌纤维直径^[18]、肌节长度^[19-21]等指标,作为评价肌肉嫩度的指标,但是这些方法中,胶原蛋白溶解度、肌原纤维和结缔组织超微结构的变化尚需作定量分析,肌原纤维小片化指数测定的差异性也较大。因此,本研究探讨了以肌纤维间距作为嫩化指标的可能性,其结果与剪切力测定结果趋于一致。

本试验还发现,乳酸处理会对肉质起到一定的负作用。当乳酸的使用量达到 0.5 mol/L 时,牛肉的风味发生改变,味道变酸,这可能是由于乳酸含量过高,导致酸味过重所致。乳酸对牛肉不良影响的机理及影响程度还不明确,需进一步研究。

4 结 论

0.3 mol/L 乳酸溶液对 2.0 岁秦川牛牛肉嫩化效果显著($P<0.05$);0.4 mol/L 乳酸溶液对 3.5 岁和 5.0 岁秦川牛牛肉嫩化效果显著($P<0.05$)。

〔参考文献〕

[1] 周光宏. 肉品学 [M]. 北京:中国农业科学技术出版社,1999.
Zhou G H. Meat science [M]. Beijing:China Agricultural Sci-

entech Press,1999. (in Chinese)

[2] Dikenman M E. Fat reduction in animals and the effect on palatability and consumer acceptance of meat products [J]. Proc Recip Meat Conf,1987,40:93.

[3] Prost E, Pleczynska E, Kotula A W. Quality characteristics of bovine meat. I: The content of connective tissue in relation to individual muscle, age and sex of animals and quality carcass grade [J]. Journal of Animal Science,1975,41(2):550.

[4] Prost E, Pleczynska E, Kotula A W. Quality characteristics of bovine meat. II: Beef tenderness in relation to individual muscles, age and sex of animals and carcass and carcass quality grade [J]. Journal of Animal Science,1975,41(2):541-547.

[5] Kijowski J, Mast M G. Tenderization of spent fowl drumsticks by marination in weak organic solutions [J]. International Journal of Food Science and Technology,1993,28:337-342.

[6] Kotula K L, Thelappurath R. Microbiological and sensory attributes of retail cuts of beef treated with acetic and lactic acid solutions [J]. Journal of Food Protection,1994,57:665-670.

[7] Seuss I, Martin M. The influence of marinating with food acids on the composition and sensory properties of beef [J]. Fleischwirtschaft,1993,73:292-295.

[8] Ertbjerg P, Mielche M M, Larsen L M, et al. Relationship between proteolytic changes and tenderness in prerigor lactic acid marinated beef [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,1999,79:970-978.

[9] 汤晓艳. 黄牛肉品质及外源钙离子对其嫩化机制研究 [D]. 南京:南京农业大学,2004.
Tang X Y. Studies on meat quality of Yellow cattle and mechanism of meat tenderization by additive calcium [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,2004. (in Chinese)

[10] Rao M V, Gault N F S. Acetic acid marinating-the rheological characteristics of some raw and cooked beef muscles which contribute to changes in meat tenderness [J]. Journal of Texture Studies,1990,21:455-477.

[11] Ertbjerg P, Larsen L M, Müller A J. Lactic acid treatment for upgrading low quality beef [C]//Proceedings of the 41st international congress of meat science and technology. San Antonio, USA:[s. n.],1995:670-671.

[12] Oreskovich D C, Bechtel P J, McKeith F K, et al. Marinade pH affects textural properties of beef [J]. Journal of Food Science,1992,57:305-311.

[13] Offer G, Knight P. The structural basis of water-holding in meat-Part 1 [J]. Developments in Meat Science,1988,4:63-171.

[14] Berge P, Ertbjerg P, Larsen L M, et al. Tenderization of beef by lactic acid injected at different times post mortem [J]. Meat Science,2001,57(4):347-357.

[15] Hill F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages [J]. Food science,1996,31(2):161-166.