

基础研究

可溶性胶原蛋白含量 MFI CAF 与牛肉嫩化的关系

马美湖 唐晓峰 (湖南农业大学食品科技学院, 长沙 410128)

摘 要 宰后向牛的股二头肌注射 CaCl_2 和木瓜蛋白酶 (Papain) 来嫩化牛肉, 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) 和可溶性胶原蛋白含量等指标的测定。实验结果表明, 这些指标对于衡量牛肉嫩度, 具有良好的效果。

关键词 牛肉 嫩化 可溶性胶原蛋白含量 MFI CAF

0 前言

牛肉的嫩度是牛肉最重要的品质指标和感官指标。许多研究表明, 尸僵前向分割牛肉注射 CaCl_2 溶液, 只需后熟一天就可满足一般的嫩度要求, 从而没必要延长后熟时间 (T. L. wheeler et al 1991, 1993; J. L. lansdell et al 1995)。目前常用的植物蛋白酶有木瓜蛋白酶 (papain)、菠萝蛋白酶和无花果蛋白酶, 其中木瓜蛋白酶分解蛋白质的能力最强, 使用最为广泛。

测量剪切力和感官检验是评定牛肉嫩度的主要方法。后者是主观方法, 虽不可或缺, 但仍需客观方法的辅助。前者虽能较好地反映牛肉的嫩度, 但取样量大, 对牛胴体造成较大的损害, 且需嫩度仪等专用设备。因此, 许多研究者多年来一直尝试寻找更为理想的测量嫩度的方法。为此, 我们试图研究建立可溶性胶原蛋白含量、MFI 和 CAF 的活性等衡量肉类嫩度的新指标体系。

在牛肉嫩化领域中, MFI 可溶性胶原蛋白含量和 CAF 活性的测定在我国尚未见报道。因此, 本试验的目的在于 (1) 检验宰后注射 CaCl_2 和 Papain 的嫩化效果; (2) 确定上述指标与牛肉嫩度的关系; (3) 利用上述指标浅析 Ca^{2+} 和酶在嫩化中所起的不同作用。

1 材料与方法

1.1 实验设计: 本次实验一共有六组处理。因此, 六头活牛被宰杀, 取下两侧股二头肌, 每头牛胴体任意一侧作对照组, 另一侧分别进行下列六个处理:

注射浓度为 0.005% 木瓜蛋白酶液; 注射 3% (0.2M) 的 CaCl_2 溶液; 注射 3% CaCl_2 + 0.005% 木瓜蛋白酶液; 注射 3% CaCl_2 + 0.0005% 木瓜

蛋白酶液; 注射 0.3% CaCl_2 + 0.0005% 木瓜蛋白酶液; 注射 0.3% CaCl_2 + 0.005% 木瓜蛋白酶液。

1.2 注射: 牛被宰杀后, 十分体分割, 取下股二头肌, 用盐水注射机注射嫩化液, 然后沥水 30 分钟。注射之前与沥水之后分别称重, 计算最终注射量。沥水后, 在 1~2 冷藏 24h, 再在 -20 急冻。然后六个组试样与对照组样品分别进行下列测定: 剪切力、CAF、MFI 和可溶性胶原蛋白含量等。

1.3 剪切力的测定: 垂直于肌纤维方向切割 2.5cm 厚的肉块, 放于蒸煮袋中。尽量排出袋内空气, 将袋口扎紧, 在 80 水浴锅中加热。当牛肉的中心温度达到 70 时, 取出冷却。然后用圆孔取样器顺肌纤维方向取样, 在嫩度计上测定其剪切力值。

1.4 钙的测定: 依据 GB 12398-90《食物中钙的测定方法》测定。

1.5 粗钙激活因子 (CAF) 制备和活性测定: 根据 M. koohmaraie et al (1984) 描述的程序并做了大量修改, 进行大量测试试验, 在国内首次确定了其测定方法。CAF 从 100 克肌肉中制备。肌肉去除脂肪和可视的结缔组织, 切成小块, 放入组织捣碎机中, 加入 2.5 volume 的缓冲液捣碎、均质。缓冲液为 0.17M Tris-HCl, 4mM EDTA, pH 7.9 (用 6N HCl 调 pH), 对于 CaCl_2 处理的样品, EDTA 浓度增至 20mM, 来阻止 CDPS 在萃取中的自溶。维持均浆液在 pH 6.5 以上, 因为 CAF 在 pH 4.9 和 6.2 之间析出。悬浮液在 6000 × G max 离心 40min, 上清液用 1N 乙酸调 pH 6.1~6.2。在 10 放置 20 分钟, 然后在 6000 × G max 离心 30min。上清液用 1N 乙酸调 pH 4.9~5.0 (等电沉淀), 然后放置 0, 20 分钟。等电沉淀获得的蛋白质在 1mM KHCO_3 , 5mM

EDTA, 5mM 巯基乙醇中透析 18~24h。透析之后, 溶液在 $105,000 \times G$ max 离心 60 分钟。上清液即为粗 CAF。粗 CAF 的活性在 100mM KCl, 10mM Tris 缓冲液 (pH 7.5), 10mM 巯基乙醇, 0.1mM EDTA, 5mM CaCl₂, 5mg/ml 酪蛋白和 0.25mg/ml 粗 CAF (CAF 与酪蛋白为 1:20) 中 25℃ 恒温 30 分钟后测量。反应总体积为 2ml, 反应以加粗 CAF 为开始, 加入 2ml 15% 三氯乙酸来结束。分析试管在 $1000 \times G$ max 离心 30min, 上清液的吸光度在 278nm 处测量, 总的 CAF 活性以每 100g 肌肉总的吸光度来计算。

1.6 肌原纤维小片化指数 (MFI) 的测定:

MFI 的测定根据 R. D. Culler et al (1978) 描述的程序, 并通过大量预备试验予以修改确定后的方法进行测定。从冻结 (-20℃) 的肉块中取 3 个 1.27cm 的肉蕊, 充分剪切, 除去任何可视脂肪和结缔组织。4 克剪切好的肌肉, 在 10vol (V/W) 的 2% 的分离介质中 (分离介质含 100mM KCl, 20mM 磷酸钾, 0.1mM EDTA, 1mM CaCl₂, 用 HCl 调 pH 7.0), 用组织捣碎机捣碎搅匀。匀浆在 $1000 \times G$ 离心 15min。然后上层清液缓慢倒出, 沉淀又在 10vol (v/w) 分离介质中, 用搅拌制成悬液, 在 $1000 \times G$ 离心 15min。慢慢倒出上层清液。沉淀在 2.5vol 的分离介质中制成悬液通过铜制筛网 (20 目) 以除去结缔组织和碎片, 再加 2.5volume 分离介质来帮助肌原纤维通过筛孔。肌原纤维悬液的蛋白质浓度根据 Gornall et al (1949) 双缩脲法测定。

肌原纤维悬液的一份等分试液用分离介质稀释至蛋白质浓度为 0.5 ± 0.05 mg/ml, 蛋白质浓度又用双缩脲反应测定。稀释的肌原纤维悬液搅拌后倒入比色杯; 这个悬液的吸光率立即在 540nm 处用比色计测量。肌原纤维小片化值以每 0.5mg/ml 的肌原纤维蛋白质浓度的吸光值乘以 200 以记录。系数 200 将吸光值扩大至 30~100, 该值即为肌原纤维小片化指数 (MFI)。

1.7 溶解性胶原蛋白含量的测定: 本试验进行以测定宰后注射木瓜蛋白酶对胶原的热稳定性的影响 (Hill, 1996)。依据 Barbara (1985) 描述的程序, 进行试验研究和修改确定。取每一处理有代表性肉样 20 克左右, 在 60℃ 水浴中恒温 1.5h。肉在 1℃ 冷却 1~2h, 之后剔除可视的结缔组织和脂肪, 切碎, 获得双份准确称量的 5g 样品, 用组织捣碎机捣碎。捣碎时加入 30ml 1/4 Ringer 液中 (1.8g NaCl, 0.25g KCl, 0.06g CaCl₂ 6H₂O, 0.05g NaHCO₃ 在

1L 蒸馏水中中和 1mM 碘乙酸)。从 Velzar 试验 (1963) 可以看出 Ringer 试液比蒸馏水更有效地削弱胶原的分子间作用力。捣碎均质后将均液倒入 50ml 聚乙稀离心管中, 在 90℃ 温浴 (水浴) 1h 后, 样品离心 $4000 \times g$ (6000rpm) 10min, 上清液小心地倒入 100ml 宽颈锥形瓶中, 沉淀用 10ml 1/4 Ringer (含 1mM 碘乙酸) 洗 10s, 再离心 $4000 \times G$, 10min。上清液与第一次上清液合并。沉淀加 30ml 7N 的浓硫酸硝化, 上清液 (近 40ml) 加 25ml 浓硫酸硝化。沉淀的羟脯氨酸含量按照《食品分析法》(1990, 上海) 中描述的方法进行测定。而清液的羟脯氨酸含量进行了改变, 将消化液转移至 100ml 容量瓶中, 再一次稀释至 100ml 时, 所取的第一次稀释液的体积有 5ml, 10ml, 2.5ml。羟脯氨酸转换为胶原含量时乘以系数 7.2。

2 结果与分析

2.1 剪切力测定结果

经过酶和 CaCl₂ 嫩化处理对股二头肌剪切力的影响, 见表 1。

表 1 剪切力的测定结果 单位: kg, %

组别	1	2	3	4	5	6
对照	2.41	6.49	5.89	5.36	9.0	1.53
试样	1.84	4.38	3.99	0.46	5.3	0.58
降低值	0.50	2.11	1.90	4.902	3.7	0.95
降幅%	23.06	32.50	32.30	91.40	41.10	62.10

由表 1 可知, 宰后后熟 24h, 与对照相比, 各组处理的剪切力均显著降低, 特别是第 4 组降低 91.40%, 第 6 组降低 62.1%。

2.1.1 不同酶浓度对剪切力的影响 (见表 2)

表 2 不同酶浓度对剪切力的影响 单位: kg

酶浓度 (%)	组别	试样剪切力	剪切力平均值
0.005	4	0.46	0.52
	6	0.58	
0.0005	3	3.99	4.65
	5	5.3	

由上表可知, 酶的浓度对剪切力的影响非常显著。0.005% 的 Papain 导致剪切力过低, 嫩化过度, 而 0.0005% 的 Papain 可使剪切力显著降低到合乎嫩化要求, 又不过度嫩化。因为 M. F. Miller 等 (1993) 报道, 牛肉的剪切力在烹调时可接受的范围为 4.3~5.2kg, 而肉的嫩度低于 4.3kg, 反而不易被接受。

2.1.2 不同钙的浓度对剪切力的影响 (见表 3)

表 3 不同钙浓度对剪切力的影响结果 单位: kg

Ca ²⁺ 浓度	处理组	试样剪切力	剪切力平均值
3% (0.2M)	3	3.99	2.23
	4	0.46	
0.3% (0.2M)	5	5.3	2.68
	6	0.58	

从表 3 看出, Ca²⁺ 浓度相差 10 倍对剪切力影响有差异, 但不显著。这可能是在生物酶和 Ca²⁺ 的共同作用下, 使牛肉剪切力值降低很大, 在低剪切力情况下, 不同 Ca²⁺ 浓度对剪切力的影响显示不出极显著的差异。M. koohmaraie (1989) 报道, 注入 0.3M CaCl₂ 可显著降低羊肉的剪切力, 而 0.075M 的 CaCl₂ 对羊肉的剪切力没有影响, Ca²⁺ 浓度只相差 4 倍, 对剪切力影响却很显著。本实验中, Ca²⁺ 浓度对剪切刀影响不显著这可能是因为 Ca²⁺ 对剪切力的影响被酶对剪切力的影响所掩盖, 也说明 Papain 在复合酶处理的嫩化中起更直接的作用。

2.2 CA F 的活性测定

注射 CaCl₂ 和 Papain 对 CA F 活性的影响, 测定结果见表 4。为了比较的直观性, 对测定值进行了相关的换算。

表 4 粗钙激活因子活性 (CA F) 测定结果 (配对实验)

组 别	1	2	3	4	5	6
对 照	26	41	25	24	25	33
试 样	7	67.7	55	55	36	18
增 加	- 19	26.7	30	31	11	- 15
增 幅	- 73.1	65.1	120	129.7	44	- 45.5

由表 4 可知, 凡注射 3%CaCl₂ 的、 、 处理组与对照相比, CA F 活性显著增强, 且其增幅差别不大。而未注射 CaCl₂ 处理 以及注射含 0.3% CaCl₂ 的处理 组其 CA F 活性不仅没有提高, 反而明显降低, 其原理目前不清楚。由上述分析可看出, Ca²⁺ 浓度对 CA F 的影响非常显著。

2.3 肌原纤维小片化指数 (MFI) (见表 5)

表 5 不同嫩化处理对牛肉肌纤维中 MFI 的影响

组 别	1	2	3	4	5	6
对 照	157	90.5	86.6	80.5	86.2	117.25
试 样	174	152.2	111.9	104.3	104.7	134.1
增 加	17	61.0	25.3	23.8	18.5	16.85
增 幅	10.83	67.4	29.21	29.57	21.46	14.37

表 5 显示, 各种处理的 MFI 比对照有不同程度的增加, 其中以第 组的 MFI 增加为最高, 达 67.4%, 最低的 组也增加 10.83%。

2.3.1 Ca²⁺ 浓度对牛肉肌纤维中 MFI 的影响 (见表 6)

表 6 不同 Ca²⁺ 浓度对牛肉肌纤维 MFI 的影响

Ca ²⁺ 浓度	3%			0.3%		0
组 别	2	3	4	5	6	1
MFI	61	25.3	23.8	18.5	16.85	17
MFI 平均值	36.7			15.35		17

由表 6 可知, Ca²⁺ 浓度对 MFI 影响显著。注射 3% 的 CaCl₂ 的 MFI 增加值是 0.3% CaCl₂ 和不注射 CaCl₂ 组的两倍多, 而注射 0.3% CaCl₂ 对 MFI 的影响无明显区别。

2.3.2 Papain 浓度对 MFI 的影响 (见表 7)

表 7 不同 Papain 浓度处理对 MFI 的影响

Papain 浓度	0.005%			0.0005%		0
组别	1	4	6	3	5	2
MFI	17	23.8	16.8	25.3	18.5	61.0
MFI 均值	19.2			21.9		61.0

由表 7 可见, Papain 的浓度对 MFI 的变化有影响, 但无显著性影响, 这同 Papain 嫩化作用机理有关。

2.3.3 MFI 同剪切力的相关性分析 (见表 8)

表 8 MFI 同剪切力相关性分析

组 别		1	2	3	4	5	6
对照	MFI	157	90.5	86.6	80.5	86.2	117.25
	剪切力	2.41	6.494	5.89	5.364	9.0	1.53
试样	MFI	17.4	152.2	118.9	104.3	104.7	134.1
	剪切力	19.2	21.9	61.0	0.462	5.3	0.58

$$r(\text{对照}) = -0.736 \quad r(\text{试样}) = -0.137$$

由表 8 可知, 对照 MFI 与剪切力具有显著的相关性 ($r = -0.736$), 而试样 MFI 与剪切力没有相关性 ($r = -0.137$)。因为试验组在 Ca²⁺ 和酶作用下, 嫩度降低, 剪切力亦随之降低, 差值缩小, 相关性反而有所降低。

2.4 可溶性胶原蛋白含量的测定 (见表 9)

表 9 可溶性胶原蛋白含量测定结果 单位: mg/100g

组 别	1	2	3	4	5	6
试 样	0.347	0.989	0.736	0.131	0.9435	0.3335
不溶性	0.148	0.0783	0.0059	0.174	0.007	6.3654
可溶性	0.495	1.0673	0.7419	0.304	1.0295	1.6939
胶原总量	29.9	7.3	0.8	57	8.5	52.3
可溶 (%)	0.861	1.293	1.173	0.950	0.7995	0.6525
对 照					0.0696	0.1218
不溶性					0.869	0.7743
可溶性					8.00	15.7
胶原总						
可溶 (%)						

由于在测量可溶性胶原含量时, 稀释倍数较小, 对照 、 、 、 测不出。可试样 、 和对照

、稀释倍数是试样、 、 的2.5倍,效果最好。因此,本方法中,羟脯氨酸的浓度只在一定稀释倍数时,显色后才与吸光度成正比。稀释倍数不够,反而检测不出。这说明水解液中存在着其他成分对测定的干扰。

2.4.1 酶浓度与可溶性胶原蛋白含量的关系(见表10)

表10 不同酶浓度与可溶性胶原蛋白含量的关系

酶浓度 (%)	0.005		0.0005	
试 样 (组)	4	6	3	5
可溶性胶原 (%)	57	52.3	8.5	
平均值 (%)	54.65		8.5	

由表10可知,酶浓度对可溶性胶原含量影响非常显著,使不溶性胶原蛋白降解为可溶性胶原蛋白,从而提高肉的嫩度。

2.4.2 Ca^{2+} 浓度与可溶性胶原含量的关系 (见表11)

表11 不同 Ca^{2+} 浓度同胶原蛋白含量的关系

Ca^{2+} 浓度 (%)	3		0.3	
试样 (组)	2	4	5	6
可溶性胶原 (%)	7.3	57	8.5	52.3
平 均 值 (%)	32.15		30.4	

由表11可知,钙的浓度对可溶性胶原蛋白含量无显著影响。

2.4.3 可溶性胶原蛋白含量、胶原总量与剪切力的相关性 (表12)

表12 可溶性胶原蛋白含量、胶原总量与剪切力的相关性

试 样 (组)	1	2	3	4	5
可溶胶原 (%)	29.9	7.3	57	8.5	52.3
胶原总量 (mg/100g)	0.495	1.0673	0.304	1.029	1.598
剪切力 (kg)	1.842	4.386	0.462	5.3	0.58

根据表12数据计算,可溶性胶原蛋白含量与剪切力的相关系数为 $r = -0.96$,胶原总量与剪切力的相关系数为 $r = 0.128$,显然可溶性胶原蛋白与剪切力的相关性十分显著,而胶原总量与剪切力没有相关性。

3 讨论

3.1 钙激活因子 (Ca^{2+} -activated-factor, 简称CAF)最初由Busch等(1972)从肌肉中分离出来,后由Dayton等(1976)提纯。CAF在外文资料中有不同的名称,包括 Ca^{2+} -dependent protedse (CCP) (M. koohmaraie, 1988); Calcium-dependent neutral proteinse (Ducosting et al, 1986), Calpain (Murachi, 1988)等。Mellgren

(1980)报道,CAF由两种形式的酶组成,分别为CDP-I和CDP-II。CDP-I只需浓度很低的钙来激活,而CDP-II需浓度高得多。两种酶主要位于细胞溶质中。现在普遍认为,肌纤维蛋白的水解是宰后贮存期间肉嫩化的主要因素,而CAF被认为是导致这种变化起主要作用的内源蛋白酶。M. koohmaraie et al (1983)报道,CDP-I活性的初始水平决定了肌肉在后熟期间嫩化的效果。Koohmaraie (1988)报道,注射 CaCl_2 后,CDP酶活性比对照组降低,认为CDP是导致宰后蛋白水解和嫩化的原因。因此,CAF的活性可用来衡量后熟效果或嫩度。

3.2 本实验结果表明,注射3% CaCl_2 的试样

组,其CAF活性均比对照组著增强。而未注射 Ca^{2+} 的处理和注射0.3% CaCl_2 的处理,CAF活性比对照有所降低。许多研究表明,宰后注射 CaCl_2 后熟一天,CAF活性比对照增强。M. koohmaraie (1989)的实验中,宰后分别向羊肉注入0.075M、0.15M、0.3M CaCl_2 后熟一天,发现嫩化效果0.3M CaCl_2 最显著,0.15M次之,而0.075M无影响,而其CAF活性0.3M CaCl_2 最高,0.15M次之,而0.075M只比对照略高。这与本实验结果相一致。他认为,经过 CaCl_2 处理的肉样CAF活力增强是由于注射 CaCl_2 导致细胞内 Ca^{2+} 浓度增加,从而引起CAF的激活造成的。因此,在宰后注射 CaCl_2 嫩化的牛肉中,其CAF活性越高,嫩化效果越明显。但并不是 Ca^{2+} 浓度越高,嫩化效果越好,似乎太高的 Ca^{2+} 浓度,反而抑制CAF活性,值得进一步深入研究。

3.3 胶原和嫩度的关系也是研究关注的对象。总的来说,胶原总量的意义不大,而胶原的性质与嫩度关系更加密切。Hill (1966)将牛按年龄分成幼、中、老年组,发现幼年组和老年组牛肉的胶原总量高,中年组胶原变化很大,但不随年龄有规律地变化。并证明肌肉胶原的关联数量或强度随年龄的增长而增加。可溶性胶原是指肌肉中加热后或酶解能分解并溶于水的那部分胶原,它反映了胶原的性质。在植物蛋白酶处理的鸡肉中(Bara 1985),60时胶原溶解性是热力灭活Papain处理的210%,指出胶原水解可能是酶处理的肉嫩度提高的主要因素,但在常规后熟和注射 CaCl_2 的肉后熟中,它与嫩度的关系没有MFI与嫩度的关系重要。Culler (1978)指出,按常规工艺处理,小片化对嫩度差异的贡献率大于50%,而可溶性胶原大约为10%。在注射 CaCl_2

组和对照组分割肉之间, 通过测量可溶性胶原蛋白含量, 观察不到胶原蛋白性状的差别 (G. B. morgan, 1991)。试样结果表明可溶性胶原蛋白含量与剪切力相关性显著, 而 MFI 与嫩化后牛肉剪切力具有一定相关性, 可溶性胶原蛋白含量主要受 Papain 影响, 而不受 CaCl_2 的影响。由上述结论可知, 注射 Papain 主要是通过水解胶原, 其次是水解肌纤维蛋白来提高牛肉的嫩度, 而 chuggehh 等 (1970) 利用试管进行试验时, 蛋白酶对肌原纤维和胶原都有活性, 而各部分蛋白的水解程度取决于酶种类。Papain 对肌原纤维蛋白的活性强于对胶原蛋白的活性, 这与本实验结果不符, 这可能因为, 本实验中, Papain 难以进入肌细胞中, 因此不能水解肌纤维蛋白。Barbara (1985) 报道, 宰后注射同浓度的 Papain, 经过斩拌的鸡肉释放出的酪氨酸是未斩拌处理样品的 5 倍。酪氨酸的释放可部分地代表肌原纤维蛋白降解的程度。也就是说, 斩拌增加了 Papain 进入细胞从而接触肌原纤维蛋白质的机会增多, 因此, 肌原纤维蛋白质的水解显著增加。本实验中牛肉未经斩拌, 故而 Papain 对肌原纤维蛋白水解作用不明显。

3.4 在肌肉后熟期间, 肌原纤维在 Z 区或 Z 线附近断裂成较短的片断的现象, 称之为肌原纤维小片化 (myofibril fragmentation), 并为显微观察所证明 (Davey and Gilbert 1969)。Davey 和 Gilbert (1969) 发现肌原纤维悬液的吸光度反映了肌原纤维小片化的程度。Mollen et al (1973) 利用 Devey 和 Gilbeit 的吸光度方法发现宰后 7 天的肌纤维悬液的吸光度和牛肉嫩度的相关系数为 0.78, Culler (1978) 报道, MFI 对牛肉的嫩度变化贡献超过 50%, 指出 MFI 应成一种衡量牛肉嫩度的理想方法, 且按 MFI 对牛腰肉进行分级: $\text{MFI} \geq 60$, 非常

嫩; MFI 在 50 左右, 中等嫩度; 远低于 50, 缺乏嫩度。Olson 等 (1977) 实验表明, 对于 2 后熟七天的牛肉, MFI 与剪切力、感观嫩度的相关性很显著, 且在后熟 2 天至 7 天贮存中, 背最长肌的 MFI 显著增加, 但剪切力和感观嫩度变化不显著。因此 MFI 似乎能更灵敏地衡量嫩度和后熟程度。

3.5 本实验结果表明, 对照组的 MFI 与剪切力成显著负相关 ($r = -0.736$), 而试样 MFI 与剪切力相关性很低 ($R = -0.137$), MFI 受 Ca^{2+} 浓度影响显著。一般来说, MFI 代表肌原纤维蛋白质水解的程度。由于试样牛肉的嫩度受酶的影响大于受 Ca^{2+} 的影响, 且酶主要是通过水解胶原来提高嫩度, 因此, 肌原纤维蛋白质水解的致嫩效应被胶原水解的致嫩作用所掩盖, 因此, 对于试样来讲, 与肌纤维蛋白水解相联系的 MFI 与主要受溶解性胶原蛋白含量影响的剪切力之间而只显示一定的相关性, 也不足为奇了。对照组按常规方法后熟, 牛肉在后熟期间嫩度提高主要是由于 CAF 水解肌原纤维蛋白引起的, 胶原溶解性也起一定的作用, 但被前者所掩盖。因此, 对于对照组来讲, 代表嫩度的剪切力与代表肌纤维蛋白水解程度的 MFI 具有显著的相关性, 也就不难理解了。

4 结论

从本实验结果可知宰后注射 CaCl_2 和 Papain 可显著提高牛肉的嫩度。宰后注射 Papain 主要是通过水解胶原来提高牛肉的嫩度, 而宰后注射 CaCl_2 主要是通过引起肌原纤维蛋白的水解改善牛肉的嫩度。MFI、CAF 活性以及可溶性胶原蛋白含量对于衡量牛肉的嫩度, 具有良好的效果。MFI 和 CAF 活性最适于衡量常规方法处理或注射 CaCl_2 的牛肉的嫩度和后熟的进展程度, 而可溶性胶原含量最适于衡量采用 Papain 处理的牛肉的嫩度。

The Relationship between Meat Tenderness, MFI, CAF and Soluble Collagen Contents

Ma Meihu Tang Xiaofeng

ABSTRACT CaCl_2 and Papain were injected to tenderize M. biceps femoris of beef. MFI, CAF and soluble collagen content were measured after 24hrs of ageing. Results showed that these three indexes could be used to measure the tenderness of beef.

KEY WORD beef; tenderize; soluble collagen content; MFI; CAF