

# 高压处理对牛肉感官特性与食用品质的影响

靳 焯<sup>1</sup>, 南庆贤<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100094)

**摘要:** 通过对宰后牛肉施加 250 MPa 的压力处理, 分析测定处理后牛肉在贮藏期间理化指标的变化, 研究了高压处理对牛肉感官品质的影响。试验结果表明高压处理能明显降低牛肉的剪切力和改善牛肉的嫩度 ( $P < 0.01$ ), 高压嫩化的效果与肌肉的部位密切相关, 压力处理对背最长肌和里脊的嫩化作用最明显。压力处理后牛肉的可溶性物质含量有所增加, 但在贮藏后期差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 压力处理对牛肉中的游离氨基酸的影响不明显 ( $P > 0.05$ ), 这也表明压力处理对牛肉风味的贡献与自然成熟的作用相近。通过研究可以得出结论, 在室温下用 250 MPa 的压力处理宰后热剔骨 (6 小时以内) 真空包装的牛肉 10 min, 0~4 冷藏条件下贮存 2~3 d, 可获得嫩度好、其它感官指标不明显低于低温吊挂成熟 7~10 d 的产品。

**关键词:** 高压处理; 牛肉; 嫩化; 嫩度; 感官特性; 食用品质

**中图分类号:** TS251.5<sup>+</sup>2; O521<sup>+</sup>.9; O521<sup>+</sup>.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2004)05-0196-04

## 0 引言

长期以来人们一直进行着肉的嫩化方面的研究和探讨, 采取了各种物理、化学和生物技术方法来改善肉的嫩度, 但是这些嫩化方法都存在着一定的局限性和难度, 有的成本太大, 有的效果不稳定, 有的则对肉的风味有影响。近年来兴起的高压处理技术为肉的嫩化提供了新的方法, 被认为是解决肉的嫩化问题的一条理想途径<sup>[10]</sup>。

1973 年澳大利亚科学家 Macfarlane 首次报道了具有实用价值的高压处理能明显改善肉 (牛肉和羊肉) 的嫩度以来, 以后有很多有关高压牛肉感观性能变化的研究<sup>[1,3,4,6,11]</sup>。大量的研究已经证明, 100 MPa 以上的压力对僵直前和僵直后的牛肉均有显著的嫩化作用。虽然由于不同年代的作者因使用压力设备、技术、作用参数以和所用肉牛的品种、部位和宰后工艺的不同, 其嫩化效果有很大的差异, 但高压处理可以降低宰后牛肉僵直程度、防止冷收缩, 加速宰后成熟过程和增加牛肉嫩度是大家共同的结果<sup>[2]</sup>。进一步的研究也表明高压处理对牛肉的风味有一定的改善作用, Suzukal (1994) 报道了随着压力的增加 (< 300 MPa 范围内), 牛肉中的蛋白质水解产物肽和氨基酸含量增加, 而这些物质正是牛肉风味的重要体现者<sup>[9]</sup>。

20 世纪 80 年代后期国内开始了高压技术的研究工作, 现在已在高压非加热杀菌和产品品质改良方面取得了一些研究成果, 同时对高压技术在肉类食品加工中的应用进行了有意的探讨, 完成了高压处理对牛肉感官品质的影响和处理工艺参数确定等研究工作<sup>[15]</sup>, 本研究是在前期研究的基础上, 通过选择原料牛肉和改变处理参数, 研究高压嫩化牛肉的影响因素和压力处理后牛肉风味物质含量的变化规律, 探讨高压处理的作用途径

和机理, 为高压技术在生产中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 牛肉取样

选择 450~500 kg 活重中等膘情的肥育牛, 放血后 30~45 min 采样, 所采样品去除筋腱, 顺肌纤维走向切成质量约 120 g 的方块, 真空包装 (聚乙烯聚酯复合膜 700 mmHg) 后编号, 放入冰盒中 (0~4 °C) 保存, 随机分组, 设 3 个重复。

### 1.2 高压处理

高压设备: 静液压活塞式增压机 (压力测定为电阻法, 精确度  $\pm 5\%$ ), 传介质为甘油乙醇 (2:1) 混合液。

样品处理: 取样后 6 h 用 250 MPa 压力处理 10 min, 温度 24 °C。

### 1.3 测定分析

#### 1.3.1 剪切力

将肉样连同包装放入 (80  $\pm$  1) °C 的水浴中, 加热煮制 1 h, 然后取出置流水中冷却至室温, 去除包装后按肌纤维方向用标准取样器切成 1 cm  $\times$  1 cm  $\times$  4 cm 的条块, 置 QTS25 (England) 质构仪上用 V 型探头以 200 mm/min 横切, 连续切两次, 记录最大剪切力和相关数据。

#### 1.3.2 可溶性物质的测定

取 10 g 肉样加入 25 mL 4mM EDTA 和 0.1M Tris-HCl (pH 值 7.9, 1N 乙酸调节) 的冰冻缓冲液, 用 15000 r/min 的高速组织捣碎机捣碎 30 s 停 1 min, 再捣碎 30 s 停 1 min, 连续 3 次。将肌浆置 6000G 的离心机中离心 40 min, 用紫外分光光度计在 280 nm 波长下测 OD 值。

#### 1.3.3 游离氨基酸

取 10 g 肉样加 25 mL 去离子水后均质 1 min, 15000  $\times$  g 离心 15 min, 上清液过滤后加入三氯乙酸 (最终浓度 5%), 过滤除去沉淀蛋白, 上清液用氨基酸自动分析仪 (L-8500A, 日本) 测定氨基酸的含量。

#### 1.3.4 熟制率

取 4 cm 厚, 质量约 120 g 的肉块, 修整, 称重, 恒温

收稿日期: 2003-06-13 修订日期: 2004-08-12

作者简介: 靳焯 (1964-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 院长, 主要从事专业是畜产品加工及安全生产的教学和科研工作。呼和浩特内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 010018。Email: jinyeyc@sohu.com

水浴锅中加热至中心温度达 70 ℃, 保持 30 min, 取出, 沥干水分, 冷却至室温, 称重, 计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 高压处理对牛肉嫩度影响的研究

#### 2.1.1 高压处理对不同部位牛肉的嫩度的影响

嫩度是衡量肉与肉制品品质的重要指标, 它决定着肉的烹调 and 加工产品最终的感观质量。对于这一点体型大和生长周期长的草食家畜牛生产的牛肉尤为突出, 提高牛肉的嫩度对改善牛肉品质具有重要意义。本试验研究了不同部位的牛肉对压力的反应, 结果(见表 1)表明

表 1 不同肌肉压力处理后的剪切力和熟制率的变化

Table 1 Warner-Brazler shear values and cook yields of pressurized and control samples for various muscles

	背最长肌	里脊	嫩肩	臀肉	胸肉	半腱肌	颈肉	
剪切力/g	对照组 X <sub>1</sub>	5021.1 ± 1132	5895.6 ± 966	8040.2 ± 2146	9456.2 ± 859	9815.6 ± 1115	12274.2 ± 1195	12328.8 ± 867
	处理组 X <sub>2</sub>	1837.3 ± 321	3273.1 ± 482	4516.6 ± 575	6345.4 ± 759	7222.3 ± 1147	9338.7 ± 1411	10019.2 ± 1546
	X <sub>2</sub> /X <sub>1</sub> %	36.6	55.5	56.2	67.1	73.4	76.1	81.3
熟制率/%	对照组	66.03	67.67	64.61	63.13	61.43	57.96	62.70
	处理组	70.15	68.25	66.86	63.19	65.79	60.63	62.59

N = 8,

宰后的牛肉在低温条件下贮存, 自然完成僵直和成熟等一系列变化, 肉的嫩度和风味得以改善, 这一过程包括肌动蛋白和肌球蛋白交联作用的改变, Z 线崩解导致肌原纤维小片化和肌原纤维中的一种弹性蛋白 Connectin (交联弹性蛋白) 的网状结构被破坏, 后者使对热不敏感的 Connectin 变为能被加热明胶化的结缔组织, 这样肉在加热后的嫩度增加。高压处理可以加速以上的一些变化<sup>[10]</sup>, 处理后的牛肉中的肌动蛋白和肌球蛋白的交联发生改变, 肌原纤维小片化较为明显。研究表明牛肉高压嫩化的作用主要是通过处理过程的机械作用和内源酶的作用实现的, 而后者起着决定性的作用, 主要机理是压力处理的机械作用破坏了肌肉细胞膜的完整性, Ca<sup>2+</sup> 释放出来进入肌浆中, 存在于肌浆中的钙激活酶受 Ca<sup>2+</sup> 的激活后开始水解蛋白质, 肌纤维结构中的 Z 盘崩解直至消失, 从而使细丝稳定的状态遭到破坏, 最后导致肌节断裂, 肌原纤维小片化, 肌肉嫩化<sup>[12, 15]</sup>。由于钙激活酶对胶原和弹性蛋白几乎不起作用, 因此高压处理对肌肉结缔组织作用很小, 这一点和以上实验的结果一致。

#### 2.1.2 高压处理对与牛肉嫩度相关的感官指标的影响

从表 2 可以看出, 高压处理可明显降低牛肉熟制后的剪切力和咀嚼力(P < 0.01), 处理组牛肉的弹性系数(P < 0.01)、粘性和粘附力(P < 0.05)上升, 凝胶性处理间没有发现显著性差异(P > 0.05)。最大剪切力值反映产品被牙齿切碎的难易程度, 咀嚼性指将食品咀嚼到自然下咽所用时间, 这两个指标的值愈小说明肉的嫩度愈好。粘性(又称凝胶性)是在一定力作用下的流动性(从松散到粘稠的感觉), 凝胶性是将半固体食品嚼碎至可吞咽时作的功(从粉状、糊状到橡胶状), 粘附力是食品表面与其它物体粘在一起的力(从发粘到易粘), 弹性是

高压处理后牛肉剪切力显著下降(P < 0.01), 这与前期的研究结果一致<sup>[14]</sup>, 但压力对不同部位的牛肉块的嫩化效果不同, 其中: 背最长肌 > 里脊 > 嫩肩 > 臀肉 > 胸肉 > 半腱肌 > 颈肉。可以看出越是优质部位的肉高压嫩化的效果越明显。结缔组织筋腱含量较高的部分, 嫩化效果不好。Macfarlane 1973 年首次报道高压嫩化的研究中就有相似的结论<sup>[6]</sup>。以前的研究也发现压力处理并不能改变因胶原含量不同和品种不同(牛、水牛)而造成的嫩度的差异<sup>[2]</sup>。

在外力作用时的变形及去力后的恢复程度(从可塑性到弹性)。一定的粘性和粘附力对肉在咀嚼时的感觉有好处, 是高质量肉品必需的品质之一。另外, 粘性和凝胶性能弹性也反映了牛肉的保水性和保油性。本试验的结果表明高压处理对牛肉的主要感官指标没有不利的影响。

表 2 高压处理对牛肉其它感官指标的影响

Table 2 Sensory values of control and pressurized beef muscles

肌肉		粘性	凝胶性 /g	咀嚼性 /g · mm <sup>-1</sup>	粘附力 /g	弹性 系数
背最长肌	对照	0.316	1191	14607	204	1.127
	处理	0.328	1016	8053	332	1.150
里脊	对照	0.210	2164	27678	245	1.122
	处理	0.222	2034	27416	257	1.381
胸肉	对照	0.129	1235	54408	435	1.340
	处理	0.336	3073	34347	447	1.534
嫩肩肉	对照	0.337	3463	36895	316	0.961
	处理	0.448	2860	24569	369	1.073
臀肉	对照	0.208	2936	27334	244	0.898
	处理	0.368	2073	11332	462	1.271
半腱肌	对照	0.352	3836	60326	333	1.268
	处理	0.405	3980	43606	480	1.534
颈肉	对照	0.080	884	36389	469	0.845
	处理	0.171	1207	23008	605	2.064

N = 6,

### 2.2 高压处理对牛肉熟制性能影响的研究

从图 1 牛肉的熟制率变化规律不难看出宰后牛肉的熟制率与牛肉成熟过程密切相关, 随着宰后牛肉僵直的发生, 牛肉的熟制率下降, 当牛肉开始解僵和成熟时其熟制率又开始上升, 最后成熟的牛肉的熟制率甚至大于刚屠宰肉。高压处理能明显提高同期贮藏牛肉的熟制率(P < 0.05)。高压处理使肌动蛋白和肌动球蛋白解

离、促进肌原纤维蛋白质溶解,最终导致肉的保水性能和肉中蛋白热凝胶性能升高是牛肉熟制率提高的主要原因。这一点对加工肉制品如香肠、肉泥等产品具有商业价值。

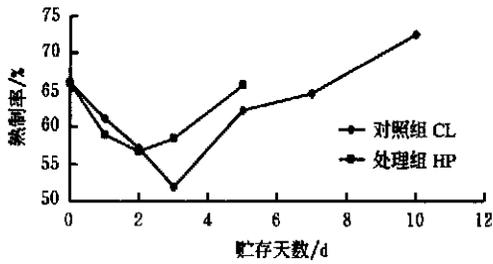


图1 高压处理对牛肉熟制率的影响

Fig 1 Effects of high pressure treatment on cooking yields

### 2.3 高压处理对牛肉风味影响的研究

#### 2.3.1 高压处理牛肉中可溶性物质的影响

高压处理对肌肉中结构蛋白质的解聚作用使肌原纤维蛋白的溶解性增加。Macfarlane (1974) 将牛背最长肌在盐溶液 (pH 6.5, 0.5M KCl) 均质后用 150MPa 的压力处理后发现可溶性的肌原纤维蛋白的量明显升高<sup>[7]</sup>。用其他部位的肉如半膜肌等和其他动物的肌肉做的研究也有相似的结果。研究表明不同来源的蛋白质对压力的反应不同,细丝蛋白如肌动蛋白、原肌球蛋白、肌钙蛋白和M-蛋白质在 100MPa 的压力下就开始溶解,而肌球蛋白的重链蛋白的离解则需要 300MPa 以上的压力。另外高压促进肉的自溶也是可溶性物质增加的重要因素,以前的研究表明压力处理后肌肉的自溶速度明显加速,尤其在 pH 值低于 6.0 时更显著,其自溶与蛋白质的溶解度和蛋白酶的活性有关。从图 2 曲线变化也可以看出高压处理后的牛肉中可溶性物质的含量在贮存的前 5 d 显著高于对照组 (P < 0.01), 但后期差异不明显。

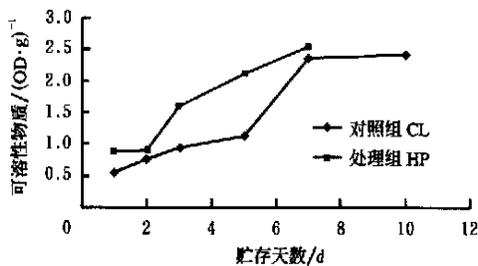


图2 高压处理对肌原纤维可溶性物质的影响

Fig 2 Effects of high pressure treatment on solubilization of myofibrils

#### 2.3.2 高压处理对牛肉中氨基酸和游离氨基酸含量的影响

宰后成熟肉香味的增强主要取决于氨基酸、肽等蛋白质水解产物的量和次黄嘌呤核苷酸及其代谢产物含量的增加。已有研究表明高压处理对后者的影响不大<sup>[9]</sup>。本试验分析了高压处理和 0~4 贮存条件对牛肉中氨基酸含量的影响,结果表明高压处理对牛肉中的

氨基酸总量没有影响,氨基酸总量在成熟前后也没有多大变化,而游离氨基酸在贮存 7 d 后的含量比开始要高,可以证明成熟过程对肉的风味有益。高压处理后的牛肉中游离氨基酸的含量增加,但随着贮存时间的延长作用消失,到第 7 d 时处理组的游离氨基酸的含量与对照组没有差异 (见表 3)。资料报道了高压可以增加牛肉成熟后的游离氨基酸的含量,并可以提高牛肉蛋白质的总体消化率,成熟对牛肉中游离氨基酸、肌肽和鹅肌肽的含量有明显的影 响,但高压处理对这些产物的影响不大<sup>[9]</sup>。

表3 高压处理对牛肉中氨基酸含量的影响

Table 3 Effects of high pressure treatment on amino acid content in beef muscle

时间/d	氨基酸总量 /g · (100 g) <sup>-1</sup>		游离氨基酸含量 /g · (100 g) <sup>-1</sup>	
	1	7	1	7
对照组	19.35	19.31	131.2	179.5
处理组	19.69	19.53	146.6	188.1

从可溶性物质和氨基酸含量的试验结果可以看出高压处理能够加速肌肉蛋白质的水解反应,使处理后牛肉中可溶性物质明显增加,但贮存 7 d 后可溶性物质的含量处理组和对照组间无显著性差异。虽然高压处理后和处理后贮存 7 d 的牛肉的游离氨基酸的含量比对照组的含量均要大一些,但并不表现显著性差异 (P > 0.05)。高压处理能使风味物质的形成时期提前是可以肯定的,但要得出高压处理能改善牛肉的最终 (完成成熟后) 风味的结论尚需更多的证据。不过有一点是可以肯定的,高压处理对牛肉的风味没有不利影响。

### 3 结论

1) 高压处理能明显降低牛肉的剪切力,提高牛肉的嫩度。嫩化作用与肌肉的部位和结缔组织的含量相关,其中外脊、里脊 > 肩肉、臀肉 > 胸肉、半腱肌 > 颈肉。

2) 高压处理可以显著地增加牛肉中可溶性物质的含量和熟制率,但在贮藏后期处理组和对照组的数值没有差异。高压处理对游离氨基酸含量的影响不明显。

3) 研究表明在室温下用 250MPa 的压力处理宰后热剔骨 (6 h 以内) 真空包装的牛肉 10 min, 0~4 冷藏条件下贮存 2~3 d, 可获得嫩度好、其它感官指标不明显低于低温吊挂成熟 7~10 d 的产品。高压嫩化牛肉从技术上讲也是可行的。

#### [参 考 文 献]

[1] Bouton P E, Ford A L, Harris P V, et al Pressure-heat treatment of post-rigor muscle: effect on tenderness[J]. J Food Sci, 1977, 42: 132

[2] Cheftel J C, Culjoli J. Effect of high pressure on meat: a review [J]. Meat Science, 1997, 46(3): 211.

[3] Kennick E W, Elgasim E A, Holmes Z A, et al The effect of ultra-hydrostatic pressurization of pre-rigor muscle and on post-rigor meat characteristics[J]. Meat Science, 1980, 4: 33

- [4] Koohmaraie M, Kennick W H, Elgasim E A, et al Effect of prerigor pressurization on the retail characteristics of beef[J]. *J Food Sci*, 1983, 48: 998
- [5] Macfarlane R A, Mckenzie I J. Pressure-accelerated changes in the proteins of muscle and their influence on Warner-Bratzler shear values[J]. *J of Food Sci*, 1986, 51(2): 516
- [6] Macfarlane R A. Pre-rigor pressurization of muscle: effects on pH shear value and taste panel assessment[J]. *J of Food Sci*, 1973, 38: 294
- [7] Macfarlane R A. Pressure-induced solubilization of meat proteins in saline solution[J]. *J Food Sci*, 1974, 39: 542
- [8] Olson D G, Parrish J R, Stromer M H. Myofibril and shear resistance of three bovine muscles during post-mortem storage[J]. *J Food Sci*, 1976, 41(5): 1036
- [9] Suzuki A, Homma N, Fukuda A, et al Effects of high pressure treatment on the flavour-related components in meat[J]. *Meat Science*, 1994, 37: 369
- [10] Suzuki A, Suzuki N, Ikeuchi Y, et al Effect of high pressure treatment on the ultrastructure and solubilization of isolated myofibrils[J]. *Agric Biol Chem*, 1991, 55(10): 2467
- [11] Suzuki A. Mechanism for meat tenderization and acceleration of meat conditioning induced by high pressure treatment [J]. *J of Japanese Society of Food Science and Technology*, 1995, 42(5): 388
- [12] Takahashi K. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization [J]. *Meat Science*, 1996, 43: 67
- [13] Thomson B C, Singh K, Speck P A. Postmortem kinetics of meat tenderness and the components of the calpain system in bull skeletal muscle [J]. *Meat Science*, 1996, 44(3): 151
- [14] 靳 焯, 南庆贤. 高压处理对鲜牛肉感官性能的影响[J]. *肉类研究*, 1998, 4: 19
- [15] 靳 焯, 南庆贤, 等. 牛肉高压嫩化机理的研究[J]. *肉类工业*, 2001, 245: 85
- [16] 励建荣, 夏宗道. 超高压技术在食品工业中的应用[J]. *食品工业科技*, 2002, 7: 79

## Effects of high pressure treatment on the sensory property and eating quality of beef

Jin Ye<sup>1</sup>, Nan Qingxian<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract** High pressure of 250 MPa was applied to beef postmortem muscle, and the physicochemical characteristics of the chilled storage pressure-treated beef were determined to investigate the effects of pressurization on sensory property of beef skeletal muscle. The results show that high pressure treatment significantly decreases shear values of the cooked meat ( $P < 0.01$ ) and improves the beef tenderization. The differences in response to pressurization of various muscles were found, the pressure effect appeared to be the greatest on the Strip loin and tenderloin. High-pressure treatment has no adverse effect on the water-soluble components responsible for the flavor of meat, but significant differences were not observed in the contents of free amino acid in each treatment. It indicates that high-pressure treatment on the postmortem muscle causes almost the same changes in the components responsible for the flavor of meat as those observed in conditional muscle. From the result, it is suggested that a high pressure of 250 MPa was applied to pre-rigor muscle (in 6 h post-slaughter) packaged in pouches under vacuum for 10 min at room temperature and the muscle was preserved at 0~4 °C, which caused tenderization, reduced condition time and extended refrigerated storage life.

**Key words:** high-pressure treatment; beef; tenderization; tenderness; sensory property; eating quality