

超高压对草鱼肌肉超微结构与质构特性的影响

沈月新 缪松 周孝康

(上海水产大学, 200090)

摘要 研究了等静超高压(200 MPa, 15 min)对草鱼肌肉超微结构与质构特性的影响,并与猪肌肉作对照。结果表明:1. 加压处理的草鱼肌肉,其超微结构中出现较明显的变化,如肌原纤维中A带和I带的细丝均被破坏,粗丝相互聚集,出现间隙,Z线变粗、不连续,H带和M线消失等,但肌原纤维的外形仍保持完整。2. 加压处理的草鱼肌肉,其外观无显著变化,色泽稍白,略有汁液流出,但质构特性与处理前无明显差别。

关键词 超高压,草鱼,肌肉,超微结构,质构特性

1899年 Hite 用超高压(6 800 kg/cm²)处理牛奶和肉制品,取得了较好的杀菌效果,并首次提出超高压可作为食品加工方法的可能性[Lechowich, 1993]。Bridgeman[1914]发现了鸡蛋白加以数千大气压的静压可发生凝胶化现象。1987年日本学者又一次提出利用超高压加工、保藏食品[林力丸, 1987、1988]。1991年日本市场推出了以水果为原料的超高压食品[食品と开发编集部, 1991]。与加热处理相比,加压处理能保持食品中的风味物质、维生素、色素等不发生变化,使食品味道新鲜,营养成分损失少,因此这项新技术的开发,正受到世界上很多国家的关注和重视。在水产品加工方面,日本宫崎县食品加工研究中心研究了用超高压对新鲜海胆进行非加热杀菌的技术[柚木崎千鹤子, 1991],昌子有等[1990]报导了加盐擂溃的狭鳕鱼糜,在0℃、2 000~4 000 kg/cm² 加压处理,也获得了比加热处理弹性好的凝胶,并具有透明感。木村郁夫[1994]报导了经加压处理的鱼肉在贮藏过程中其鲜度指标值与细菌数的变化等。目前国内还未见有利用超高压对水产品进行研究的报导。为了探索超高压技术在淡水鱼加工上应用的可能性,了解鱼类肌肉在超高压作用下组织结构与质构发生的变化,以鲜活草鱼背肌为对象,研究了等静超高压处理对鱼肉超微结构和质构特性的影响,并与猪肌肉作对照。

1 材料和方法

1.1 材料

活杀草鱼段和鲜瘦猪肉(里脊肉)购自上海市图们路集贸市场。

1.2 方法

实验步骤:取草鱼段的背部肌肉,切成0.5 cm的鱼肉片。瘦猪肉剔除脂肪和结缔组织后,切成0.5 cm的猪肉片,分别装入涤纶、铝箔、聚丙烯复合的包装袋,用真空包装机(DZQ-450/2A型)抽真空封口,每袋重60g。取一半样品用冷等静压机(LDJ-1000-1型)进行超

高压处理,室温 $7\sim 8^{\circ}\text{C}$,压力为 200 MPa,保压时间 15min。另一半未加压样品为对照组。

电镜超薄切片制备:将样品切成 1 mm^3 左右的小块,用 2.5%冷戊二醛和 1%锇酸双固定,梯度乙醇脱水,EPSON812 包埋,以超薄切片机(LKB-8800)切片,醋酸铀和柠檬酸铝双重染色。透射电子显微镜(JEM-100CXII型)观察摄影。

质构特性测定方法:参照 Boume[1966]和 Voisey[1971]的方法,用质构测定仪对样品进行剪切挤压实验。剪切挤压室为 D1433 型,截面积 16 m^2 ,底部 6 根金属格栅。测定时将样品切成 5 mm^3 的小块,每次用量 50 g。活塞将试样从剪切挤压室中压出,记录仪记录了整个挤压过程的受力情况[何利平,1990]。质构特性曲线中的 F_{\max} 值是活塞受到的最大力值,反映了食品的咀嚼性,是一个质构特性的综合指标。每个样品测定 5 次,取平均值。测定条件:底部极限间隙 3 mm,活塞下降速度 10 mm/min,记录仪量程 0.5 kg,走纸速度 20 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 超高压对草鱼肌肉超微结构的影响

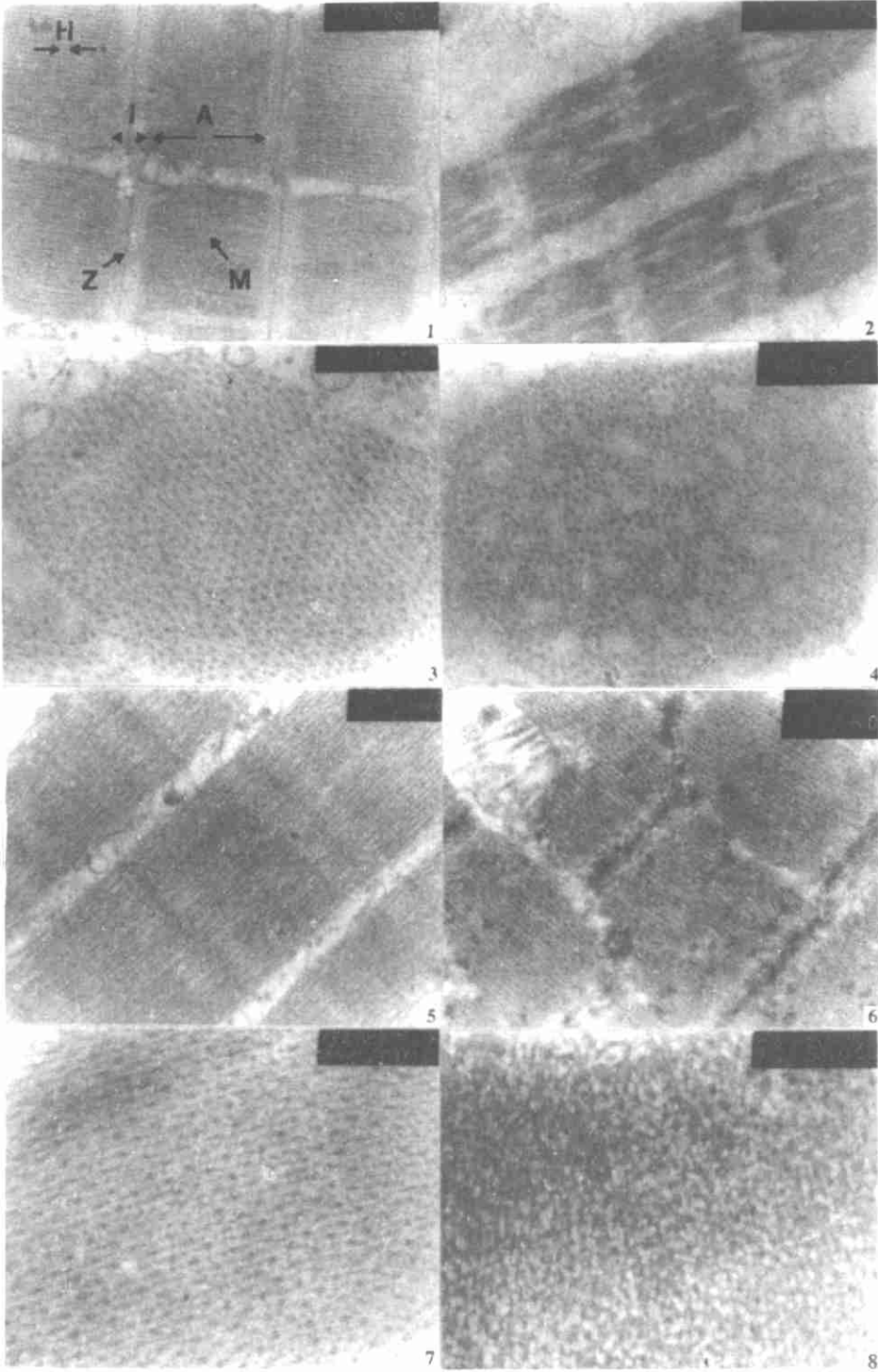
未经超高压处理的草鱼肌肉的超微结构如图版-1、3 所示。肌原纤维的明暗条纹由粗丝(肌球蛋白)和细丝(肌动蛋白)有规则地平行排列而成。暗带(A带)由粗丝的长度决定,暗带中央有一条稍明亮的 H 带,正中处有一条 M 线。明带(I带)由细丝构成,明带中央有 Z 线,细丝从 Z 线向粗丝的间隙中伸入(图版-1),横断面中可看到粗细丝成六角形分布(图版-3)。两条 Z 线之间的距离为肌节长度,测量值为 $1.24 \times 10^4 \text{ \AA}$,肌原纤维的直径为 $1.32 \times 10^4 \text{ \AA}$ 。

经超高压处理的草鱼肌肉的超微结构如图版-2、4 所示。与未经加压处理的草鱼肌肉比较,肌原纤维中 A 带和 I 带中的细丝均被破坏,粗丝互相聚集,出现间隙(图版-2),在横断面上出现很多空隙(图版-4)。Z 线由细变粗,并出现不连续性。暗带中的 H 带和 M 线都已消失(图版-2)。肌节的长度基本不变,肌原纤维的直径变小,测量值为 $1.05 \times 10^4 \text{ \AA}$,肌原纤维之间的间隙扩大,但肌原纤维的外形仍保持比较完整。

猪肌肉与草鱼肌肉一样,具有横纹肌的超微结构,如图版-5、7 所示。经超高压处理的猪肌肉的超微结构与未经加压处理的作比较,肌原纤维中 A 带和 I 带中的细丝与草鱼肌肉一样均被破坏,大部分粗丝虽仍能保持平行排列,但已发生弯曲变形,Z 线明显被压缩,变短、变宽。暗带中的 H 带和 M 线也都已消失(图版-6)。在横断面中粗细丝排列出现错位和不规则(图版-8)。根据铃木敦士[1990]的报导,对死后僵硬中的牛肉进行超高压处理(200 MPa, 5 min),观察其超微结构的变化,也得到了与本研究相类似的结果。在图版-6 中还可看到肌原纤维中的线粒体及在 Z 线周围出现不少微粒。据初步分析,可能是由于原来充满于肌原纤维之间肌浆中的微粒,在超高压作用下发生位移,被压入肌原纤维中所致。

2.2 超高压对草鱼肌肉质构特性的影响

经超高压处理后的草鱼肌肉外观无显著变化,只是鱼肉稍白,略有汁液流出。这与昌子有[1991]对鲤肌肉所作超高压处理的结果相一致。鲤肌肉在 200 Mpa 以下加压处理,其外观与未加压样品几乎没有差别;在 200 MPa 以上加压处理,鱼肉色泽变白,呈不透明状。其原因是鱼肉蛋白质在超高压下发生变性。观察经超高压处理后的猪肌肉,也略有肉色变淡、发白的现象,流出液汁更少,这与猪肌肉比草鱼肌肉含水量低有关。超高压对草鱼肌肉和猪肌肉质构特



图版 Plate

1、3:草鱼肌肉纵断面和横断面的超微结构,纵 $\times 19\ 000$,横 $\times 58\ 000$;2、4:超高压处理草鱼肌肉纵断面和横断面的超微结构,纵 $\times 19\ 000$,横 $\times 58\ 000$;5、7:猪肌肉纵断面和横断面的超微结构,纵 $\times 19\ 000$,横 $\times 100\ 000$;6、8:超高压处理猪肌肉纵断面和横断面的超微结构,纵 $\times 19\ 000$,横 $\times 100\ 000$ 。

性的影响如表1所示。将表1中超高压处理与未加压处理的草鱼肌肉和猪肌肉质构特性的 F_{\max} 值的两组数据作方差分析(表2)。草鱼肌肉: $F_{0.05(1,7)} = 5.59$, $F_{0.10(1,7)} = 3.59$, $F_{\text{值}} < F_{\text{临界值}}$; 猪肌肉: $F_{0.05(1,8)} = 5.32$, $F_{0.10(1,8)} = 3.46$, $F_{\text{值}} < F_{\text{临界值}}$ 。分析得知,超高压处理因素对草鱼肌肉和猪肌肉质构特性影响都不大。因此,本实验中经超高压处理的草鱼肌肉和猪肌肉,其质构特性与处理前无显著性差异。

表1 草鱼肌肉和猪肌肉质构特性的 F_{\max} 值

Table 1 F_{\max} Values of grass carp and pork muscle

| 样品号 | 草鱼肌肉 F_{\max} 值(kg) | | 猪肌肉 F_{\max} 值(kg) | |
|-------------|-----------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | 超高压处理组 | 未加压对照组 | 超高压处理组 | 未加压对照组 |
| 1 | 11.68 | 11.62 | 12.63 | 12.63 |
| 2 | 11.57 | 11.76 | 12.04 | 12.02 |
| 3 | 11.63 | 11.40 | 12.25 | 12.54 |
| 4 | 11.30 | 11.79 | 12.52 | 12.14 |
| 5 | | 11.30 | 12.67 | 11.69 |
| 平均值 $\pm S$ | 11.55 \pm 0.17 | 11.57 \pm 0.22 | 12.42 \pm 0.27 | 12.20 \pm 0.39 |

表2 草鱼肌肉和猪肌肉压力处理影响的显著性分析

Table 2 Variance analysis for estimating the significance of effect of high pressure

| 样品名 | 方差来源 | 平方和 | 自由度 f | 均方 \bar{S} | F值 |
|------|---------|--------|---------|--------------|-------|
| 草鱼肌肉 | 超高压处理因素 | 0.19 | 1 | 0.19 | 0.048 |
| | 误差 | 27.45 | 7 | 3.92 | |
| | 总和 | 27.64 | 8 | | |
| 猪肌肉 | 超高压处理因素 | 11.88 | 1 | 11.88 | 1.07 |
| | 误差 | 88.65 | 8 | 11.08 | |
| | 总和 | 100.53 | 9 | | |

3 讨论

质地柔软的草鱼鱼肉片,经200 MPa、15 min超高压处理后,外观和质构特性无显著变化,其原因可根据中原胜[1990]对压力处理食品的基础理论分析来解释。又据昌子有[1991]对鱼肉加压处理研究结果的报导,使用200 MPa以下的加压处理,鱼肉外观几乎没有变化,杀菌效果也不明显;使用200 MPa~500 MPa的超高压时,压力越高,加压时间越长,则杀菌效果越好,鱼肉蛋白质变性程度也越大。超高压处理引起鱼肉组织外观变化的主要原因是蛋白质变性。由于本研究受设备条件的限制,采用200 MPa较低的超高压进行处理,因此加压后草鱼肌肉外观和质构特性均无显著差别。

经超高压处理的草鱼肌肉的超微结构中,肌原纤维中肌节的长度与处理前基本不变,而肌原纤维的直径却减少了 $2.7 \times 10^3 \text{ \AA}$ 。根据中原胜[1990]对压力处理食品的基础理论分析,可解释为:食品的不同构造部位具有不同的压缩率,即使是同一构造体内部,其X方向和Y方向也有不同的压缩率。纤维性的构造物,纤维方向和与其垂直方向的压缩率也不相同。具有压缩的各向异性。因此,超高压处理草鱼肌肉的超微结构中也出现了肌原纤维顺纤维方向压缩率小(肌节长度基本不变),与纤维垂直方向压缩率大(肌原纤维直径变小)的现象。

本文仅对200 MPa超高压对草鱼肌肉的超微结构与质构特性的影响进行了初步的研究,更高压力范围的处理还有待今后研究。虽然根据昌子有[1991]的报导,200 MPa的超高压对

鱼肉的杀菌效果不明显,但如能与温度条件并用,采用低温域超高压杀菌可取得较好效果[高桥观二郎,1990]。另外,较低压力的超高压设备,其投资费用可大大节省,鱼肉的外观和质构特性变化小,如与温度、pH 等条件并用,则可能对超高压技术应用于水产品加工更具实际意义。

本研究得到中国科学院院士郭景坤研究员的大力支持,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 何利平,1990. 鲢在低温冻藏时的生化和质地特性研究. 水产学报,14(4):301。
- [2] 中原胜,1990. 食品的压力处理的基础. 食品と开发,25(12):3~7。
- [3] 木村郁夫,1994. 水产食品への高压利用. 食品と容器,35(8):428~435。
- [4] 林力丸,1987. 調理・加工・杀菌・保藏への高压利用の可能性. 食品と开发,22(7):55~62。
- [5] 林力丸,1988. 高压利用による食品の加工・保藏・杀菌——現状と展望. 食品と开发,23(12):40~50。
- [6] 昌子有ら,1990. 高压によるスケトウダラすり身のゲル化と筋原纤维タンパク质的变化. 日水志,56(12):2069。
- [7] 昌子有,1991. 高压による鱼肉的加工. 食品工业,34(12):32~38。
- [8] 柚木崎千鹤子,1991. 高压利用による生ウニの杀菌. 食品と开发,26(12):8~9。
- [9] 食品と开发編集部,1991. 高压食品市场の今后. 食品と开发,26(12):19。
- [10] 鈴木教士,1990. 高压处理による畜肉の特性コントロール. 食品と开发,25(12):17~20。
- [11] 高桥观二郎,1990. 低温域での高压杀菌. 食品と开发,25(12):13~16。
- [12] Bridgeman, P. W., 1914. The coagulation of albumen by pressure. *J. Biol. Chem.*, 19(1):511~512.
- [13] Bourne, M. C., 1966. A classification of objective methods for measuring texture and consistency of foods. *J. Food Sci.*, 31: 1011~1015.
- [14] Lechowich, R. V., 1993. Food safety implication of high hydrostatic pressure as a food processing method. *Food Technol.*, 47(6): 170.
- [15] Voisey, P. W., 1971. Use of Ottawa Texture Measuring System for test fish products. *Agric. Can., Eng. Res. Serv.*, No. 7022.

EFFECTS OF HIGH PRESSURE ON THE ULTRASTRUCTURE AND TEXTURAL PROPERTY OF GRASS CARP MUSCLE

Shen Yuexin, Miao Song and Zhou Xiaokang

(Shanghai Fisheries University, 200090)

ABSTRACT The effect of high hydrostatic pressure (200 MPa, 15 min) on the ultrastructure and textural property of grass carp muscle was studied in comparison with those of pork muscle. The result show that: 1. The ultrastructure of grass carp muscle pressed with a high pressure exhibited such significant changes as Z-line broadened, H-zone and M-line blurred in vision, myofilaments loosened with interstices viewed in the longitudinal section, etc. However, the profile and light-dark fringe of muofibril remain intact; 2. The grass carp muscle subjected to a high pressure showed more white in muscle color than the unpressed one, while the drips exuded in small quantity. Nevertheless, the textural property of carp muscle showed no significant change.

KEYWORDS High pressure, Grass carp, Muscle, Ultrastructure, Textural property