

# 超高压处理对熟制鸡肉微观结构的影响

## Effects of ultra-high pressure treatment on microstructure of cooked chicken breast

王志江<sup>1</sup>

蒋爱民<sup>2</sup>

WANG Zhi-jiang<sup>1</sup> JIANG Ai-min<sup>2</sup>

(1. 广东药学院食品科学学院, 广东 中山 528458; 2. 华南农业大学食品学院, 广东 广州 510642)

(1. School of Food Science, Guangdong Pharmaceutical University, Zhongshan, Guangdong 528458, China;

2. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

**摘要:**为进一步研究超高压处理对于熟制鸡肉品质的影响,观察熟制鸡肉在不同超高压条件下的微观结构变化。结果表明,随着压力的升高,肌纤维之间的空隙逐渐减少,肌内膜逐渐消失,整体结构趋于紧密。超高压作用导致鸡肉肌纤维直径和汁液流失率显著增大。肌原纤维在 400 MPa 压力以上时发生明显的小片化和凝胶化现象。超高压处理后熟制鸡肉的微观结构可以揭示样品的汁液流失、质构特性和食用品质的变化。

**关键词:**超高压;鸡肉;微观结构

**Abstract:** The changes of microstructure of cooked chicken breast treated by ultra-high pressure treatment(UHP) were observed, for the further study of UHP on cooked chicken breast. Results indicated that the gap between the muscle fibers decreased, endomysial disappeared gradually, and the structure of muscle fibers was more closely. Meanwhile, muscle fiber diameter and rate of juice leakage increase could be resulted from UHP significantly. Myofibril was fragmented and gelled obviously when the pressure was over 400 MPa. The microstructure of cooked chicken breast treated by UHP could explain the changes of juice leakage, texture and edible quality.

**Keywords:** ultra-high pressure; chicken breast; microstructure

近年因受到禽流感疫情的影响,以活禽流通为模式的鸡肉产品消费大受影响,与此同时,鸡肉加工制品则逐渐受到消费者的喜爱,其消费市场不断扩大<sup>[1]</sup>。传统鸡肉制品的保鲜通常依赖高温杀菌和防腐剂的作用,存在营养流失、风味变差和食品安全等问题。超高压技术作为非热杀菌技术,具有高效、节能、杀菌均匀和较少影响食品营养和风味等优点,逐渐成为食品保藏技术研究的新热点<sup>[2-4]</sup>。王志江等<sup>[5,6]</sup>对

熟制鸡肉进行超高压处理的研究发现,超高压处理能极大地延长熟制鸡肉的保质期,适度的压力能提升产品的弹性,改善产品的食用品质,但同时也会导致产品水分含量下降,硬度增大。王志江等<sup>[7]</sup>的另一个试验也证明了超高压处理白切鸡可以延长产品保质期至 60 d 以上,而且保藏期间食用品质良好。马汉军等<sup>[8]</sup>研究高压处理对鸡肉丸品质的影响时发现,高压处理可以提高鸡肉丸的感官品质,随着压力的增大,产品的硬度逐渐增加,弹性先增加后下降。铃木敦士<sup>[9]</sup>研究发现超高压处理可以改善肉制品的风味、食感和凝胶特性。

上述研究对肌肉质构的影响均依靠质构仪进行口感模拟,但肌肉的微观结构是否发生相应变化,肌肉微观结构与熟制肌肉的品质存在何种关联,尚未见诸于报道。Wiklund 等<sup>[10]</sup>的研究发现肌肉的品质特性与肌肉的微观结构密切相关。本研究拟采用扫描电镜技术(SEM),研究熟制鸡肉在不同压力作用下的微观结构变化,旨在进一步揭示熟制鸡肉品质和微观结构之间的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

鸡胸脯肉;三黄鸡,购于广州超市;

超高压设备:UHPPF-800MPa-3L 型,内蒙古包头科发新型高技术食品机械有限公司,高压介质为葵二酸二辛酯;

扫描电镜:XL30 型,荷兰 PHILIPS 公司;

数字温度计:Testo 905-T1 型,德国 TESTO 公司。

### 1.2 样品处理

鸡胸脯肉→分割(15 mm×20 mm×80 mm)→轻度预煮(煮沸,煮至样品中心温度达 70 °C 后取出)→高温灭菌袋封装(除去袋内空气)→迅速冷却(水浴冷却至常温)→超高压处理(于 200,400,600 MPa 下分别处理 15 min,40 °C)→检

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31171710);广东省国际科技合作计划项目(编号:2006B50106001)

作者简介:王志江(1984—),男,广东药学院实验师,硕士。

E-mail: zjion17@qq.com

收稿日期:2014-10-12

测

1.3 汁液流失率的测定

汁液流失率按式(1)计算。

$$c = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

$c$ ——汁液流失率, %;

$m_1$ ——样品处理前的重量, g;

$m_2$ ——样品处理后的重量, g。

1.4 扫描电镜分析

将不同样品分别切片(2 mm×4 mm×4 mm),然后依顺序进行如下操作:

4 ℃下进行前固定(2.5%~4.0%戊二醛,4 h 以上)→漂洗(PBS 缓冲液,10 min,3~4 次)→后固定(1%四氧化锇,1~2 h)→漂洗(PBS 缓冲液,10 min,3 次)→50%乙醇脱水一次(10 min)→70%乙醇脱水一次(10 min)→80%乙醇脱水一次(10 min)→90%乙醇脱水一次(10 min)→100%乙醇脱水二次(每次 10 min)→过渡(醋酸异戊酯,15~20 min,2 次)→干燥(二氧化碳临界点干燥)→镀膜(铂金,电流 8 mA,8 min)→观察

1.5 肌纤维直径的测定

样品在电镜观察时拍照,用游标卡尺测量肌纤维直径,测量时,每张照片随机选择 10 个测量点取平均值。

1.6 数据分析

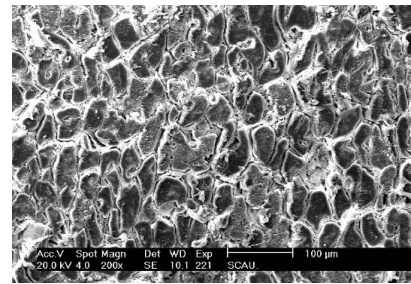
采用软件 SAS 9.0 和 Excel 2003 对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

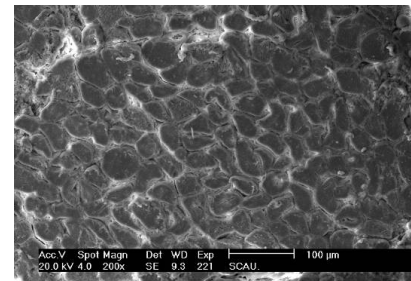
2.1 不同压力处理对熟制鸡肉肌纤维的影响

图 1 为不同压力处理熟制鸡肉的肌纤维横切面扫描电镜图(×200)。由图 1 可知,随着压力的增大,肌纤维之间的空隙逐渐减少,肌内膜逐渐消失,整体结构趋于紧密。肌纤维间距的缩小,会导致肌纤维周围的自由水发生流失,并且随着压力的增大,汁液流失越多(见图 2)。其原因可能是鸡肉在预煮过程中,肌纤维发生变性,保水力下降,在压力作用下汁液流失严重。另外,超高压也可能影响蛋白质的水合作用,从而促使一部分水从组织中游离出来<sup>[11]</sup>。

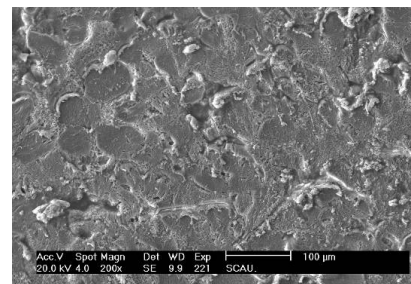
熟制鸡肉在超高压作用下的肌纤维直径变化结果见图 2。由图 2 可知:随着压力的升高,肌纤维直径显著增大。王志江等<sup>[5]</sup>在研究超高压处理对于熟制鸡肉硬度的影响时发现,随着压力的升高,鸡肉的硬度显著增大。结合超高压作用下肌纤维直径的变化可以发现,肌纤维直径的变化与鸡肉硬度的变化呈正相关。肌纤维直径和汁液流失率的变化应是造成熟制鸡肉在超高压作用下硬度增大的原因之一。肌纤维是肉的基本构造单位,肌纤维直径的变化反应了肌纤维特性的变化情况,通常鲜肉肌原纤维越细,密度越大,系水



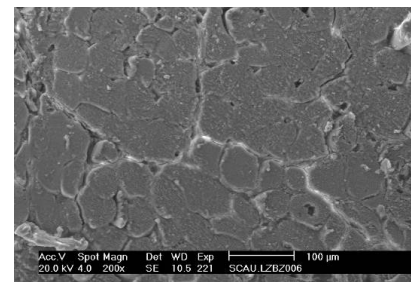
(a) ck



(b) 200 MPa



(c) 400 MPa



(d) 600 MPa

图 1 不同压力处理样品的肌纤维横切面扫描电镜图(×200)

Figure 1 The SEM of Cross-section of muscle fibers in cooked chicken breast treated by high pressure(×200)

力越强,肉质越细嫩<sup>[10,12]</sup>。冷雪娇<sup>[12]</sup>在研究超高压处理鸡胸肉腌制效果时发现,鸡胸肉的肌纤维直径随着腌制压力的升高而增大,并认为与肉质变老直接相关。张立彦等<sup>[13]</sup>在研究加热对鸡肉嫩度、质构及微观结构的影响时认为,不同温度下肌纤维结构及结缔组织膜的综合变化造成了鸡肉蒸煮损失、嫩度及质构特性的变化。新鲜鸡肉在开始蒸煮加热

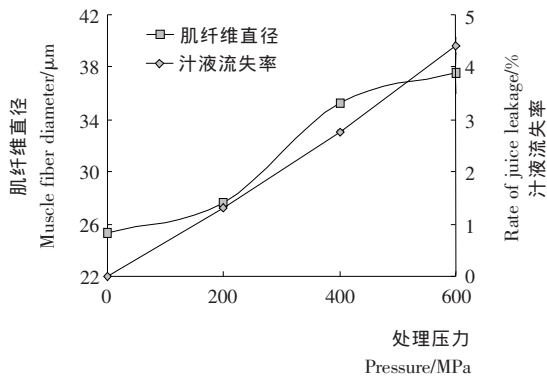


图 2 不同压力处理对样品肌纤维直径和汁液流失率的影响

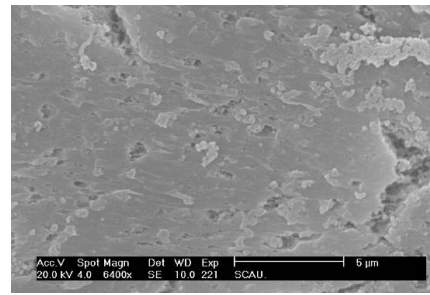
Figure 2 Effects of high-pressure on muscle fiber diameter and rate of juice leakage of cooked chicken breast

时,肌纤维会迅速收缩而导致肌纤维直径显著减小,这个过程中鸡肉肉质会变老;但进一步加热后肌纤维直径又开始逐渐增大,此时鸡肉硬度先迅速增大后缓慢增大<sup>[13]</sup>。有研究<sup>[14,15]</sup>认为鸡肉在加热时的嫩度变化取决于肌纤维与结缔组织二者变化的净效应。综合来看,肌纤维直径的变化往往不是影响肉硬度的唯一因素,也不一定都呈正相关变化,其对于肉硬度的影响,要视当时样品的具体情况和处理方式而定。

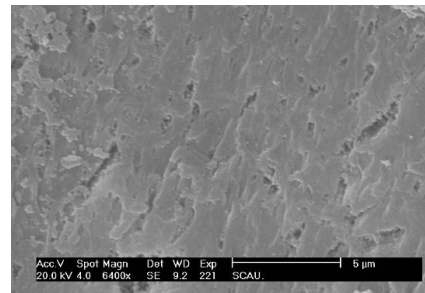
### 2.2 不同压力处理对熟制鸡肉肌原纤维的影响

肌原纤维是构成肌纤维的主要组成部分,是充满于肌纤维内部的长而不分支的丝状蛋白质,其直径约 0.5~2.0 μm,呈细丝状<sup>[16]</sup>。在 6 400 倍下观察肌肉纤维横切面的结果见图 3。由图 3 可知,200 MPa 时肌纤维横切面与对照组没有明显差异,说明 200 MPa 压力不会造成肌原纤维的大量小片化;400 MPa 压力处理后发现肌纤维横切面出现了很多肌原纤维碎片,这是肌原纤维丝在超高压作用下发生断裂和蛋白凝胶的结果;600 MPa 时碎片更多,且长度更短,肌原纤维丝进一步断裂,蛋白大量胶凝,形成类似凝胶网状结构。通过透射电镜观察超高压处理后鸡肉的纵切面情况,也能观察到超高压作用对于肌原纤维组织特性的影响。Villacis 等<sup>[17]</sup>用透射电镜观察超高压处理条件下腌制火鸡胸肉时发现,300 MPa 以上时肌原纤维发生巨大的变化,Z 线和 I 带被摧毁,在 Z 线和 M 线附近形成一个非常密集的再凝集物质,从而使肉品的保水性下降。Z 线的破裂是因为与 Z 线相连的肌原纤维细丝的基本构成部分 F-actin 发生变性。冷雪娇<sup>[13]</sup>研究发现 150 MPa 处理下腌制鸡胸肉的肌纤维结构保持良好,300 MPa 处理时肌原纤维结构产生显著的变化,Z 线和 I 带被彻底破坏,在 Z 线和 M 线附近形成了重聚体,肌纤维丝发生消融。

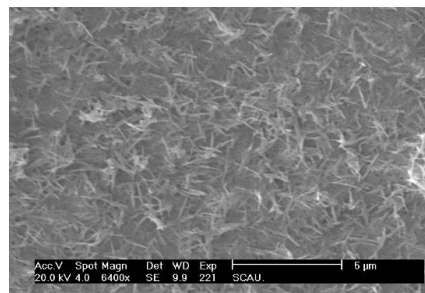
超高压作用导致肌原纤维的小片化和凝胶化,被认为可以改善加工肉制品的弹性和感官品质<sup>[18,19]</sup>。王志江等<sup>[5]</sup>研



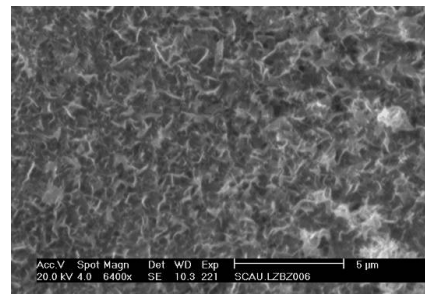
(a) ck



(b) 200 MPa



(c) 400 MPa



(d) 600 MPa

图 3 不同压力处理样品的肌纤维横切面扫描电镜图(×6 400)

Figure 3 The SEM of cross-section of muscle fibers in cooked chicken breast treated by high pressure(×6 400)

究超高压处理对熟制鸡肉肉质构特性和感官品质时也发现,随着压力的升高,熟制鸡肉的弹性和感官评分先增大后下降。其中弹性和感官评分的增大应该与肌原纤维在超高压作用下的小片化和凝胶化有关,后期的下降则是汁液的过量流失和硬度不断增大造成的。综上所述,超高压处理对于熟制鸡

肉食用品质的影响是多层次的,一方面汁液的过度流失会影响产品的多汁性和硬度,另一方面肌纤维组织的变化会提升产品的弹性和咀嚼性,最终的影响要取决于两者的净效应。

### 3 结论

超高压作用对于熟制鸡肉的肌纤维结构有显著的影响。随着压力的升高,肌纤维之间的空隙逐渐减少,肌内膜逐渐消失,整体结构趋于紧密。肌纤维之间的靠近,会导致肌肉中的汁液流失增多。超高压作用导致肌纤维直径显著增大。肌原纤维在 400 MPa 压力以上时发生明显的小片化和凝胶化现象。

超高压处理后熟制鸡肉的微观结构可以揭示样品的汁液流失、质构特性和食用品质的变化。随着压力的增大,肌纤维之间的空隙逐渐减少,整体结构趋于紧密,揭示了汁液流失率的显著增加;肌纤维直径的变化与鸡肉硬度的变化呈正相关,是鸡肉硬度增大的原因之一;熟制鸡肉在超高压作用下的弹性和感官评分的变化与肌原纤维在超高压作用下的小片化和凝胶化有关。

#### 参考文献

- 徐幸莲,王金玉,王济民. 鸡肉加工研究及其技术发展动态[J]. 中国家禽,2014,36(10):44~45.
- Considine K M, Kelly A L, Fitzgerald G F, et al. High-pressure processing-effects on microbial food safety and food quality[J]. FEMS Microbiol Lett,2008,281(1):1~9.
- Matser AM, Krebbers B, van den Berg R W, et al. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products[J]. Trends in Food Science and Technology, 2004,15(2):79~85.
- 段虎,王祎娟,马汉军. 超高压处理对肉及肉制品食用品质的影响[J]. 食品与机械,2011,27(1):151~154.
- 王志江,郭善广,蒋爱民,等. 超高压处理对熟制鸡肉品质的影响[J]. 食品科学,2008,29(9):78~82.
- 王志江,周文化,蒋爱民,等. 响应曲面法优化超高压处理熟制鸡肉条件的研究[J]. 食品与机械,2009,25(1):36~40.
- 王志江,何瑞琪,蒋爱民,等. 超高压处理白切鸡在冷藏过程中微

生物和品质的变化[J]. 食品与机械,2010,26(2):43~46,56.

- 马汉军,周宏,潘润淑,等. 高压处理对鸡肉丸品质的影响[J]. 食品科学,2009,30(19):128~130.
- 铃木敦士. 超高压处理による. 食肉の食味性改良[J]. 食品工业,2000(4):31~39.
- Wiklund E, Stevenson-Barry J M, Duncan S J, et al. Electrical stimulation of red deer (*Cervus elaphus*) carcasses - effects on rate of pH-decline, meat tenderness, colour stability and water-holding capacity [J]. Meat Science,2001,59(2):211~220.
- Ramirez-Suarez J C, Morrissey T M. Effect of high pressure processing(HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2006, 7(1): 19~27.
- 冷雪娇. 超高压处理对鸡胸肉腌制效果的研究[D]. 南京:南京农业大学,2013.
- 张立彦,吴兵,包丽坤. 加热对三黄鸡胸肉嫩度、质构及微观结构的影响[J]. 华南理工大学(自然科学版),2012,40(8):116~121.
- Palka K, Dam H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine m. Semitendinosus during heating[J]. Meat Science,1999,51(3):237~243.
- Obnz E, Dikeman M E, Loughin T M. Effects of cooking method, reheating, holding time, and holding temperature on beef longissimus lumborum and biceps femoris tenderness[J]. Meat Science,2003,65(2):841~851.
- 蒋爱民,南庆贤. 畜产食品工艺学[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
- Villacis M F, Rastogi N K, Balasubramaniam V M. Effect of high pressure on moisture and NaCl diffusion into turkey breast [J]. LWT - Food Science and Technology, 2008, 41(5): 836~844.
- 杨慧娟,邹玉峰,徐幸莲,等. 超高压对肉及肉制品组织结构和主要化学组成成分影响的研究进展[J]. 肉类研究,2013,27(6):33~42.
- 李勇,宋惠. 超高压在肉制品加工中的应用[J]. 食品与机械,2001(5):6~10.

(上接第13页)

#### 参考文献

- Carrol G Tompson. Chemical modification of burley tobacco[DB/OL]. (1999-01-07) [2014-12-18]. <http://tobacodocuments.org/rjr/511241875-1905.html>.
- Jerry W Lawson, Bruce R Bullings, Thomas A Perfetti, et al. Cigarettes; US, 4836324[P]. 1989-06-06.
- 罗昌荣,谢焰,印黔黔. 葡萄糖、果糖和蔗糖/脯氨酸的共裂解行为研究[J]. 烟草科技,2014(2):61~69.
- Richard R Baker, Louise J Bishop. The pyrolysis of tobacco ingredients[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2004, 71(1):223~311.
- 罗昌荣,谢焰,印黔黔. 木糖/脯氨酸共裂解过程挥发性化合物形成规律[J]. 食品与机械,2013,29(2):1~7.

- Epa. A genotoxic assessment of environmental tobacco smole using bacterial bioassays[DB/OL]. (1990-06-19) [2014-12-18]. <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/ekz92d00>.
- James F Pankow, Ameer D Tavakoli, Luo Wen-tai, et al. Percent free base nicotine in the tobacco smoke particulate matter of selected commercial and reference cigarettes[J]. Chemical Research in Toxicology, 2003, 16(8):1 014~1 018.
- Cai Chen, James F Pankow. Gas/particle partitioning of two acid-base active compounds in mainstream tobacco smoke: nicotine and ammonia[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2009, 57(7):2 678~2 690.
- Gordon H Bokelman, Sheryl D Baldwin, Susan S Tafur, et al. Wrapper for a smoking article; US, 5152304[P]. 1992-10-06.