

# 高压对牛肉蒸煮损失和组织结构的影响研究

刘安军<sup>1</sup> 战虎<sup>1</sup> 郑捷<sup>1</sup> 贾培起<sup>2</sup> 刘东岳<sup>1</sup>

(1、天津科技大学, 食品工程与生物技术学院, 邮编: 300457

2、天津市华泰森淼生物工程技术有限公司, 邮编: 300384)

## 摘要

本研究采用不同高压(100-600MPa)处理牛肉, 与未经处理的牛肉进行对照, 通过对蒸煮损失、加压损失与 pH 的测定以及组织结构的观察, 揭示超高压对牛肉蒸煮损失与组织结构的影响。结果表明: 与未高压处理牛肉相比, 不同压力处理对牛肉蒸煮损失率的影响差异显著( $P < 0.01$ ), 蒸煮损失显著减少, 经 300MPa 或 400MPa 处理时, 其蒸煮损失减少 12%; 同时其 pH 值也发生显著变化, 随压力升高而增加, 在 500MPa 时, pH 值增加 5%; 经高压处理, 牛肉组织超微结构发生明显变化, 肌纤维片段随压力增加逐渐变细长, 而且肌节在超高压作用下逐渐变长, 说明高压导致肌纤维拉伸, 使其保水性增加。

关键词: 高压; 蒸煮损失; 组织结构; 牛肉

### 1 前沿

随着人民生活水平的不断提高, 牛肉的品质也受到前所未有的重视。牛肉保水性, 也称为持水性, 是评价肉品的一个比较重要的指标, 它是指当肌肉在受到外力作用时, 保持原有水分与添加水分的能力。它不仅影响到肉的色香味、多汁性以及嫩度等品质, 而且因其与出品率成正相关, 所以有着重要的经济价值。

食品超高压加工技术始于 19 世纪末, 最初用于食品杀菌。食品超高压加工技术是指将食品原料包装后密封于超高压容器中(常以水或其他流体介质作为传递压力的媒介物), 利用 100MPa 以上的高静压在一定的温度下加工适当的时间, 达到灭菌、物料改性或改变食品某些理化反应速度的一种加工方法, 是目前新兴的食品加工高新技术之一。在肉制品方面, 澳大利亚科学家 Macfarlane<sup>?</sup> 首次报道压力可以提高牛肉的嫩度后, 高压处理技术在肉类加工中的应用引起人们极大的兴趣, 人们开始了高压对肉类各种特性的研究, 也取得了很大的成果, 主要集中在研究肉制品在经过超高压处理后的品质变化, 包括嫩度、风味、色泽以及凝胶性等方面。Ma and Ledward (2004) 研究发现, 经过 200MPa, 70°C 高压处理后, 肉的硬度有很大降低, 认为主要是因为高压处理后组织蛋白酶活性的增加, 导致硬度降低, 嫩度升高, 而 Gerelt (2006) 对牛肌肉进行高压处理后研究表明, 显微结构发生明显变化, Z 线断裂或消失, M 线降解, 随着压力升高, 显微结构变化更加明显, 酶活性降低。在蒸煮损失研究方面比较少, Sikes and Tobin (2009) 通过研究超高压对蒸煮损失的影响, 发现加入 0.1% 食盐的肉产品在经过高压处理后蒸煮损失大大降低, 而对未加食盐的肉产品则无影响。

本文主要目的是研究超高压处理对牛肉蒸煮损失的影响, 以及在高压处理过程中蛋白质溶解性与组织结构的变化, 并通过分析这些变化, 探讨压力导致蒸煮损失变化的机制。

### 2 材料与方法

#### 2.1 试验材料

##### 2.1.1 材料

试验所用牛肉均为市购的后臀肉。

### 2.1.2 仪器与设备

超高压设备：天津市华泰森淼生物工程技术有限公司，HPPL3。

组织匀浆机：上海标本模型厂，FJ-200 高速分散均质机。

DYCZ-24D 型垂直电泳槽、DYY-8B 型稳压稳流电泳仪。

数字式 pH 计：上海理达，PHS-3CW。

显微镜：

## 2.2 试验方法

### 2.2.1 超高压处理

将购买于市场后的牛肉除去筋膜，按纹理切成约  $1.5 \times 3.0 \times 6.0$ cm 的肉块，真空密封于蒸煮袋中，置于超高压设备中，分别给予肉样施加 0, 100MPa, 200MPa, 300MPa, 400MPa, 500MPa, 600MPa, 施压时间为 10min, 温度为室温。

### 2.2.2 蒸煮损失的测定

蒸煮损失的测定是将超高压处理后的牛肉样密封于蒸煮袋中，72℃左右水浴直至肉样中心温度达到 70℃，取出，冷却至室温后称重，计算肉样重量损失百分率。

$\text{Cooking Loss} = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$ ; ( $m_1$  蒸煮前肉样质量;  $m_2$  蒸煮后肉样质量)

### 2.2.3 pH 值测定

pH 值的测定：1g 肉样加 10ml 蒸馏水，在高速匀浆机上匀浆约 1min，重复两次，静置 30min，过滤，滤液用数字式 pH 计测定其 pH 值。

### 2.2.4 肌肉蛋白质的溶解性

参照 Joo 等<sup>2</sup>的方法测定肌浆蛋白、肌原纤维蛋白和肌肉总蛋白的溶解性。具体步骤如下：

肌浆蛋白质：1g 肉样加 10mL 冰预冷的 0.025M 的磷酸钾缓冲溶液(pH7.2)，冰浴下匀浆(6500rpm)20s×3 次，4℃摇动抽提 12h。1500g 离心 10min，上清用双缩脲法测定蛋白浓度。溶解度表示为 mg/g 肉。

总可溶解蛋白质：1g 肉样加 20ml 冰预冷的 1.1M 碘化钾的 0.1M 磷酸钾缓冲液溶液(pH7.2)，冰浴下匀浆(6500r/min)20s×3 次，4℃摇动抽提 12h。1500g 离心 10min，上清用双缩脲法测定蛋白浓度。溶解度表示为 mg/g 肉。

肌原纤维蛋白溶解度=总蛋白溶解度-肌浆蛋白溶解度。

### 2.2.5 SDS-PAGE 电泳分析

将总可溶蛋白经过超高压处理，进行 SDS-PAGE 电泳，蛋白浓度为 1mg/mL，浓缩胶与分离胶浓度分别为 4% 与 12%，考马斯亮蓝 R-250 染色，7%冰乙酸脱色，凝胶成像仪成像分析。

### 2.2.6 组织结构的观察

肌纤维片段的观察：将 1g 牛肉按 1:30 比例置于预冷的 0.25M 蔗糖溶液中，在组织捣碎机中高速捣碎，用滴管取 1 滴于载玻片中在显微镜下观察。

肌节长度的测定：利用 Cross<sup>3</sup>的方法，测量约 200 个肌节的长度，并计算。

## 3 结果与分析

### 3.1 蒸煮损失及 pH 值

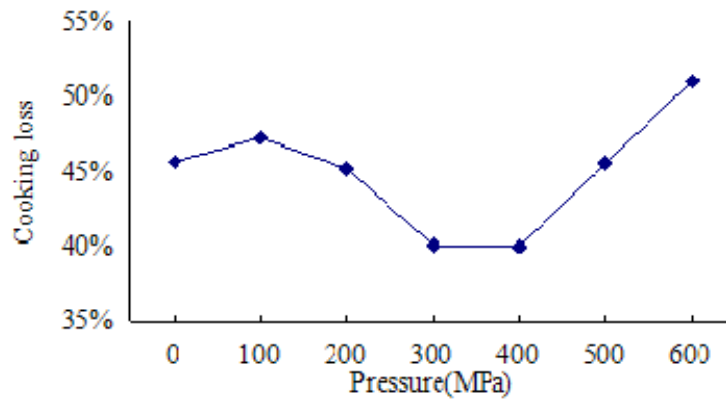


图 1.1 不同压力对肉蒸煮损失的影响

通过实验发现，如图 1.1 所示，在超高压处理的牛肉样品中，其牛肉蒸煮损失随压力先降低后升高，100MPa 与 600MPa 处理后的牛肉蒸煮损失均高于未经高压处理牛肉的蒸煮损失，而 200MPa 与 500MPa 处理后的牛肉的蒸煮损失与未经高压处理的相差不明显。其蒸煮损失在 300MPa、400MPa 处（因为在 300MPa 与 400MPa 处，蒸煮损失的变化不显著，可视为相同）有最小值(40.0%)，与未高压处理的蒸煮损失(45.6%)相比，减少 12%。

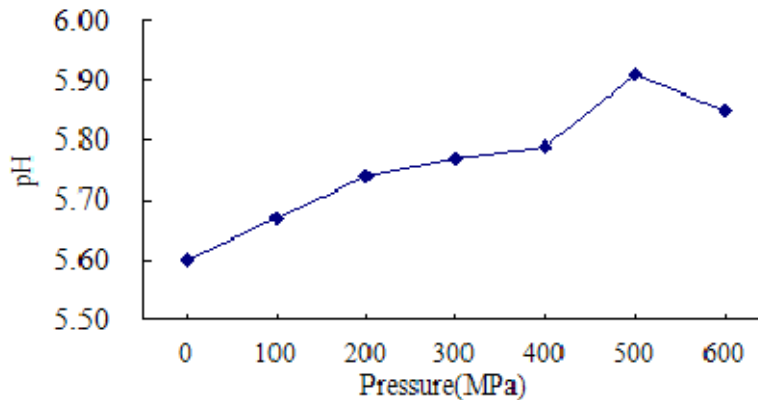


图 1.2 不同压力对肉 pH 的影响

从图 1.2 中，我们能看到超高压处理后肉的 pH 值从 5.60 上升到 5.91(500MPa)，在此过程中，0~400MPa 处理过程中，pH 变化比较平缓(5.60~5.79)，上升幅度较小，而从 400~500MPa，则变化趋势较大(5.79~5.91)。而经过 600MPa 处理后，其 pH 略有下降。

### 3.2 肌肉蛋白质的溶解性

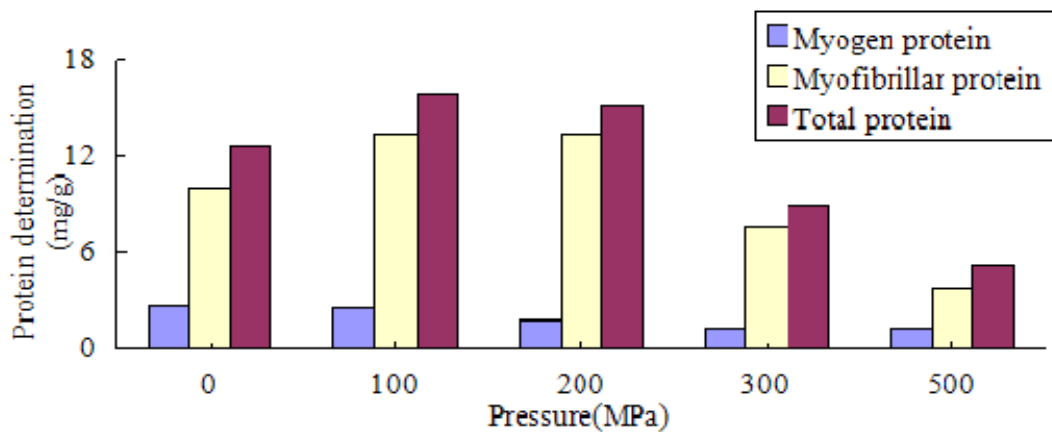


Fig. 2. Changes of protein solubility with high pressure

由图 2 中发现，经过超高压处理后，肌肉蛋白质的溶解性变化显著。肌浆蛋白随着压力的增加，其溶解性不断下降，在 200MPa 处下降比较显著，与未经高压处理的相比，下降了 31%；总可溶解蛋白质的溶解性在 100MPa 处有其最大值，比未高压处理的高约 17%，然后随着压力的增加，总可溶解性蛋白质的溶解度逐渐降低，在 300MPa 处，下降显著（与未高压处理相比下降 52%）；而肌原纤维蛋白的溶解性的变化趋势与总可溶解性蛋白质的相似。

从图 3 中可以看出，通过超高压处理，肌球蛋白的重链与轻链从 300MPa 处开始条带都逐渐变淡，而肌动蛋白在超高压过程中几乎没有变化。推断在超高压影响肌原纤维蛋白溶解性方面主要是使肌球蛋白发生变性，使其不能被溶解，导致肌原纤维蛋白溶解性急速降低。

蛋白质溶解度是反映蛋白变性程度的一个指标。从上述蛋白质溶解性的变化可反映出蛋白质在超高压条件下开始发生变性，在较低压力下，高压能促进蛋白尤其是肌原纤维蛋白溶解性；但当压力高于 300MPa，过高的可能是蛋白质在超高压作用下发生急剧变性，改变结构，使其不能溶解。

### 3.3 组织结构的观察

#### 3.3.1 肌纤维片段



(a)



(b)

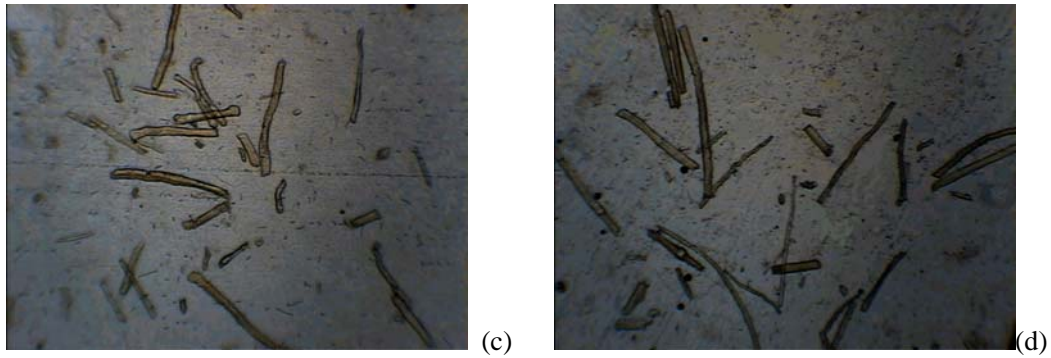


Fig. 4. Changes of fiber fragments with different pressure, a, 0MPa; b, 100MPa; c, 300MPa; d, 500MPa.

通过观察肌纤维片段的变化（图4）发现，随着压力的逐渐变大，其肌纤维片段由粗变细，由短变长，由此看出，超高压处理能改变肌纤维的结构，而肌纤维的状态与肉组织的保水性密切相关，说明超高压处理对肉的保水性的影响极大可能与改变肌纤维有关。

### 3.3.2 肌节长度

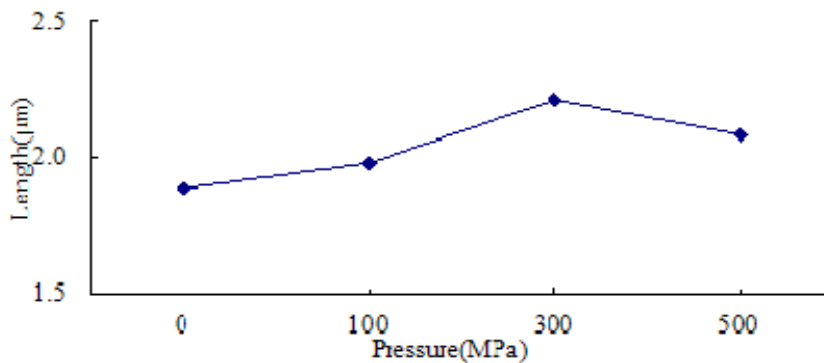


Fig. 5. Changes of sarcomere length with 100, 300 and 500 MPa

从图5可以看出，肌节在超高压作用下变长，在300 MPa处肌节长度最大，相对于未经高压处理的肉样增长约17.4%，而在500 MPa处略有下降。

与高压作用对牛肉蒸煮损失的变化对比，发现两者之间变化趋势恰好相反，呈负相关，即肌节越长，蒸煮损失越低，说明超高压对牛肉肌节长度的影响能够改变牛肉自身的蒸煮损失。

## 4 结论

1) 经过超高压处理后，牛肉蒸煮损失变化显著，在300 MPa-400 MPa压力下蒸煮损失最小；且牛肉pH随压力增加而升高，500 MPa处pH最大。pH值的升高与牛肉保水性有一定关系，进而影响到蒸煮损失的变化。

2) 肌浆蛋白溶解性随压力增加而降低；但在较低压力（100 MPa-200 MPa）时，肌原纤维蛋白溶解性有所增加，相反，在较高压力（ $\geq 300$  MPa）处理时，其溶解性迅速降低，而此时，牛肉蒸煮损失最小，推断可能是高压导致牛肉蛋白急剧变性，空间结构发生改变，从而在受热过程中保留蛋白空间结构中水分，使其蒸煮损失降低。

3) 超高压作用使牛肉肌纤维拉伸变细，肌节变长，肌纤维间空隙变大，有利于

牛纤维中水分的截留,进而影响牛肉的蒸煮损失,使蒸煮损失在 100MPa-400MPa 内随压力增加而降低,但当压力超过 500MPa 时,由于压力过大,造成肌节过度拉伸而断裂,肌节相对缩短,同时,肌节断裂即肌纤维断裂造成肌纤维中水分外溢,保水性降低,蒸煮损失增加。

5 参考文献(略)