

肉制品的超高压低温加工

支铁牛 贾培起

前言:

高温高压加热灭菌是传统加工肉制品的必须工艺环节。其优点是可以杀死所有潜在细菌，包括孢子，因而在常温下有较长的货架期。但是在达到安全贮藏目的的同时，高强度热处理不可避免地使部分蛋白质过度变性，肉纤维的弹性降低，肉质软烂不结实，蛋白质和维生素等营养破坏较严重，而且在风味、口感方面发生变化，失去肉原有的特色。

低温肉制品采取低温腌制（0-4℃），低温蒸煮（中心温度 75-80℃），低温储藏、销售（0-4℃），得以保持蛋白质的适度变性，营养成分损失少，消化吸收率高，且组织细腻，切片良好，鲜嫩多汁，爽口不腻。低温肉制品从自然加工开始，经过多年的演变，具有天然的合理性和科学性，逐渐被人们所接受，已经成为我国肉品发展方向。

但是，低温肉制品的灭菌温度较低，一些耐热菌如芽孢虽被抑制，但仍然存活。又由于低温加工肉制品的持水性好、营养丰富，一旦温度适宜就会迅速繁殖，致使产品败坏。超高压加工技术为低温肉制品带来福音，它弥补了低温加工的某些缺陷，能生产出高品质、口感好、安全、货架期较长的新型产品。

一、超高压灭菌延长低温肉的保质期

超高压处理可以有效地杀灭部分肉类中微生物，延缓肉中微生物的生长繁殖速度，从而延长肉品保存期。通过在压力处理后的贮藏过程中，产品中微生物、酶的稳定性及产品的品质特性进行深入的研究，普遍认为压力和热结合杀菌(尤其是对芽孢菌)是一种很有前途的方法。

1、超高压低温灭菌

大森(1991)曾将肉制品中常见的腐败细菌及食物中毒菌接种在猪肉浆中，于25℃下加压100-600MPa以探索杀菌的可行性，结果如图1所示。

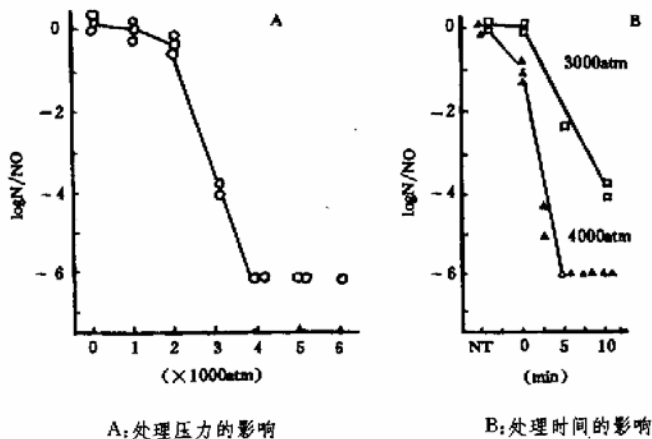


图1 压力和时间对灭菌的影响

2、超高压灭菌的储存效果

在一个肉类模型系统中两个不同菌株的大肠杆菌（ctc1018和ctc1023）经过加压后（400 MPa, 10min, 17 °C）在冷冻贮藏时的表现。从图2可以看出，随着储存期的延长，菌落总数略有减少，这种现象被称作非在位效应。

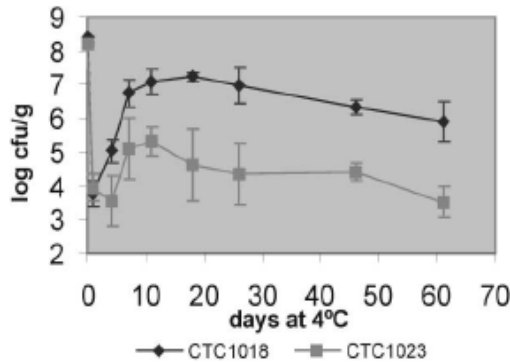


图2 超高压加工后储藏期内菌落的变化

去骨火鸡肉400 MPa处理20分钟，在-20°C冷冻贮存4-8个月，总有氧活细胞计数和肠杆菌属计数减少（图3）。贮藏过程中，肠杆菌属降低到控制标准线以下。

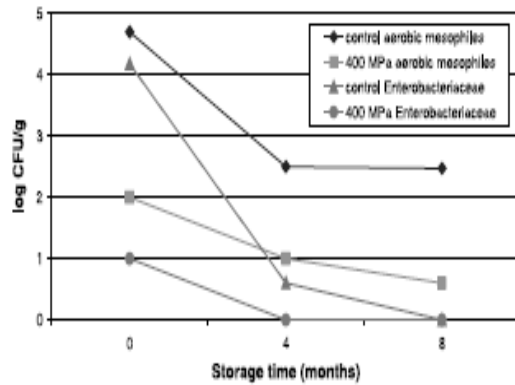


图3 超高压灭菌的火鸡储存期菌落变化

3、与Nisin的协同作用对于微生物的影响:

超高压加工辅以防腐剂，能明显地看出其协同作用的效果。图4为添加nisin (●) 和其它添加剂的肉模型系统中冷藏时的表现，加工参数为400 MPa, 10min, 17°C。

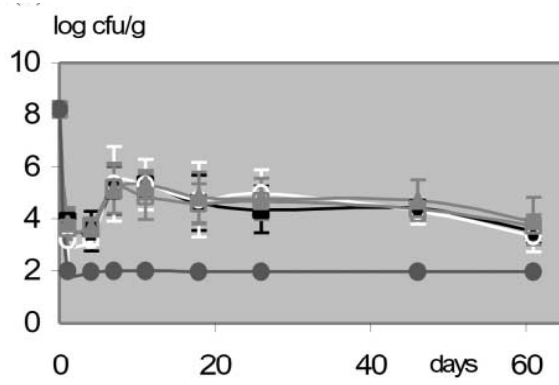


图4 添加Nisin的灭菌和储藏效果

4、超高压与温度协同灭活芽孢

Wilson and Baker经过超高压杀菌研究并注册了一个专利(International Patent Filing

W0 97/21361和美国专利U. S. patent6, 086, 936)。专利中指出, 在内汤营养液中, 密度为 $10^6/g$ 的枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、嗜热脂肪芽孢杆菌芽孢(*Bacillus stearothermophilus* spore)和梭状芽孢杆菌(*Clostridium sporogenes*)芽孢, 经过621MPa, 85℃, 保压 30min和621 MPa, 98℃, 保压5min 两次超高压处理。超高压处理后, 立即用营养琼脂平板在37℃下经过7d和30d培养未能检出微生物, 芽孢被完全杀灭。进行30d的培养是为了让可能残存或受伤的芽孢和营养体有充分的时间进行修复。如果需要降低处理温度, 只有相应地提高压力值才能达到同样的灭菌效果。

另外, 在加压前进行 45℃, 20 min 的热处理, 其灭菌效果见图 5。45℃是嗜热脂肪芽孢杆菌较适宜的生长温度, 预热处理促使孢子液中的部分芽孢发芽。而营养体细胞对环境的敏感程度大大高于芽孢体, 尤其在磷酸缓冲液中, 比较容易受损致死, 表现为死亡率高于同一条件下的单纯超高压灭菌率。

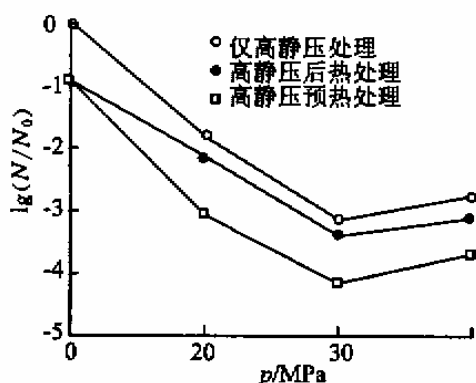


图5 预热处理与未预热处理对芽孢灭活效果比较

二、超高压加工保护了肉制品的营养成分

煎炒烹炸蒸煮炖能加工出各种味道鲜美的食品, 但是营养受损, 甚至会产生有害物质。以牛肉为例, 水煮后水分损失32.2%, 蛋白质损失1.8%, 脂肪损失0.6%, 其它损失0.5%, 总损失35.1%; 猪肉、羊肉分别损失24.6, 和35.1%; 可见产品率仅65—75%。炖牛肉V_{b1}损失60—70%, V_{b2}损失26—42%, 又如120℃灭菌1小时猪肉中V_{b4}损失61.5%, 牛肉中损失63%。而超高压低温加工鲜肉, 失水量很少, 热敏成分不会分解, 可以有效地保持营养。另外蛋白质适度变性, 营养损失小, 并有利于人体的消化和吸收。

H. Schobert等对食用高压处理后生鲜猪肉消化性及热处理后生鲜猪肉消化性进行了对比研究。样本分未处理、超高压处理(500MPa, 10min、20℃)、高温处理(121℃、20min)三组, 其消化率、氮保持率的结果如表1、2所示。

表1 猪肉的不同加工方法营养消化率比较

营养成分	消化率 %		
	未处理	超高压处理	高温处理
蛋白质	87.1±0.9	88.2±1.0	80.5±2.1
脂肪	89.6±1.4	89.0±2.2	90.1±1.7
天然纤维	94.8±0.2	63.3±4.1	67.2±0.2

表2 猪肉的不同加工方法氮的摄入量 and 保持量

	未处理	超高压处理	高温处理
摄入氮的保持率	57.9±4.2	58.6±3.9	45.4±3.9
可消化氮的保持率	66.4±4.1	66.5±4.5	56.3±4.0

表3 猪肉的不同加工参数营养消化率(%)比较

未处理	超高压处理			高温处理	
	300MPa	500MPa	700MPa	100℃	121℃
93.4	94.9	96.7	94.6	93.0	67.9

从以上数据可以明显地看出，超高压加工有着最好的营养消化率和氮保持率，高温，特别是121℃的高温，对肉类营养的破坏作用十分明显，且难以消化吸收。

三、超高压加工改善肉制品口感

1、对嫩度的影响

超高压可以加速宰后牛肉的成熟过程和增加牛肉嫩度。研究证明, 100 MPa以上的压力对僵直前和僵直后牛肉均有显著的嫩化作用。其机理：一是机械力作用使肌肉肌纤维内肌动蛋白和肌球蛋白的结合解离，Z线崩解和肌纤维小片化造成肌肉剪切力下降；二是超高压处理可以增加肉中的溶酶体组织蛋白酶数量，增强钙激活中性蛋白酶（calpains）的总活动性。压力诱导的这种组织蛋白酶活动数量的增加是由于压力将溶酶体中的酶释放了出来，另一方面，钙激活中性蛋白酶（calpains）活动性变强是由于肌浆网状组织中释放出来的Ca²⁺离子的数量增加了，压力诱导的这些活动性的增强可以加速肌肉蛋白水解，加快肌肉成熟使肉类嫩化，表4显示不同压力对僵直后牛肉的物理性能的影响。图6是不同压力对肌原纤维结构的影响。图7是牛股二头肌加压时肌白蛋白的变化。

表4 牛肉僵直后加压处理的硬度和弹性

	硬度 弹性 (与对照组的百分比)	
对照	100	100
100MPa	58	91
150MPa	22	94
200MPa	27	91
300MPa	13	98

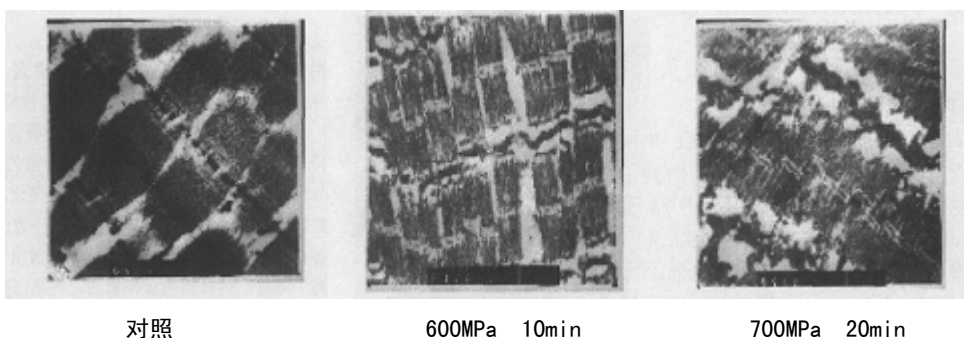


图6 牛肉的肌原纤维处理前后对照

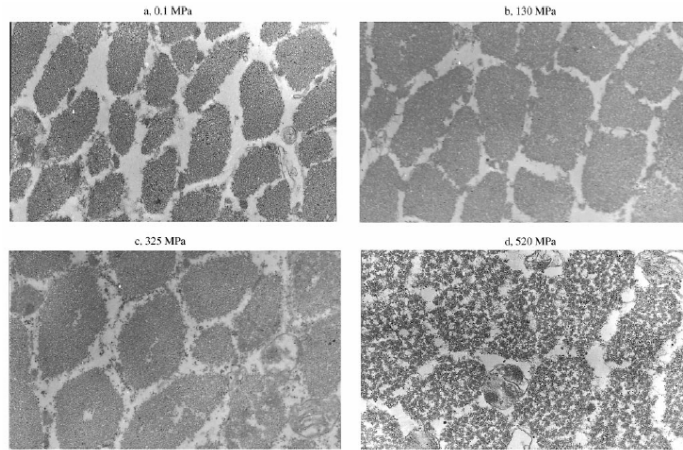


图7 牛股二头肌加压时肌白蛋白的变化

2、对风味的影响

高压处理可以加速肌肉中腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)及腺嘌呤核苷二磷酸(ADP)的降解, 其代谢产物次黄嘌呤核苷酸(IMP)、5'-鸟苷酸(GMP)、次黄嘌呤核苷(INO)和次黄嘌呤(HYP) 这些肌肉成熟过程中呈味物质在短时间内快速增加, 牛肉中蛋白质的水解产物肽和氨基酸含量增加, 也是牛肉风味的重要体现。

(1) 高压处理牛肉中PPM含量的变化 (mg/100g肌肉)

铃木敦土对牛肉加压处理, 在2℃下贮藏7d、分别测定从牛肉中抽出的苯酚不溶物(PPM: 把氨基酸和肽的总量换算成酪氨酸表示)的量, 表5可见, 300MPa压力处理后牛肉中的PPM含量最高、7d后PPM含量仍最高。

表5 不同压力加工牛肉中的PPM含量

处理压力	加压后	加压后贮7天
未处理	48.52±4.69	72.86±6.30
100MPa	48.82±6.25	73.96±6.34
200MPa	52.86±4.65	75.45±9.24
300MPa	55.35±5.08	78.00±5.52
400MPa	51.67±6.27	76.19±6.81

(2) 高压处理牛肉中的肌苷酸含量的变化 (μ moles/g肌肉)

如表3所示, 加压处理的牛肉中肌苷酸的含量比对照样稍高、当压力达到300MPa时得到最大值。

表6 不同压力加工牛肉中肌苷酸的含量

处理压力	加压后	加压后贮7天
未处理	1.61±0.51	0.96±0.78
100MPa	1.71±0.61	0.68±0.35
200MPa	1.76±0.34	0.72±0.47
300MPa	1.78±0.22	0.99±0.64
400MPa	1.73±0.53	1.00±0.70

(3) 超高压对肉食品中脂肪氧化的影响

对很多食品产品来说，脂肪氧化是质量劣化的重要原因，因为脂肪氧化损害了食品的风味和营养价值。因此，在应用超高压技术时，必须考虑高压对食品中脂肪氧化的影响。根据实验得出，与热处理相比，加压处理所产生的脂肪氧化的增加较小，只有强度很大的高压处理才会产生类似于热处理诱导的脂肪氧化程度。所以，高压诱导的脂肪氧化限制了高压技术应用于肉产品，可以使用适当的包装或抗氧化剂来防止脂肪氧化。

(4) 超高压对肉的肌肉凝胶和乳化特性的影响

肌肉的凝胶和乳化特性对肉类工业具有十分重要的意义，其直接影响肉品的组织结构、保水性等性质，长期以来一直是肉类工作者研究的一个热点。高压处理能够解聚肌动蛋白和肌球蛋白，并能提高肌原纤维蛋白的溶解性，高压能在不进行热处理的情况下使肌原纤维蛋白形成凝胶。

高压对生鸡肉的凝胶强度的影响见图8，图中，C. 对样品；I. 在二甲基亚砜/醋酸中加抑制剂；S，仅溶剂（二甲基亚砜/乙酸）；NP未加压；P，加压（400 mpa/30 min/10℃）

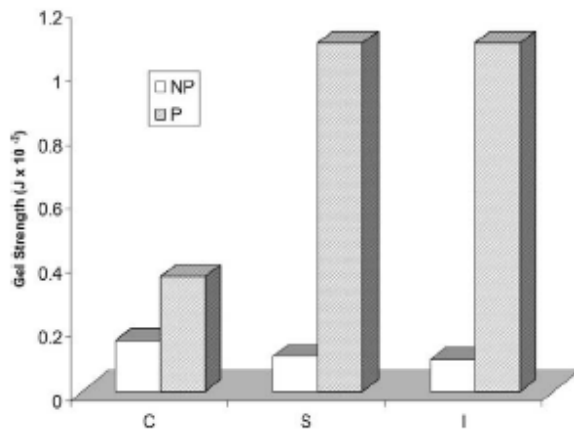


图8 高压对生鸡肉的凝胶强度的影响

四、利用超高压技术改变传统工艺

1992年日本的Fujichiku公司开发出了高压处理生火腿的技术。经短时间腌制的猪肉火腿片真空包装后，在室温下经250MPa高压处理3h后，腌制的时间由原来的2周缩短为3h，产品的嫩度有所提高，保水性增强，食盐含量也只有通常制品的1/4，且冷藏货架期大大的提高，制品的外观和风味类似烤猪肉。食盐含量减少对高血压、心血管疾病患者和老年人，有着特殊的意义，是肉制品发展的方向。日本生产的低盐火腿受到普遍欢迎。虽然含盐量减少，但是由于超高压的作用，其粘合性、持水性、肉质结构、物理特性都非常理想。图10显示了未加压（A）和加压（B）后低盐火腿的组织结构。

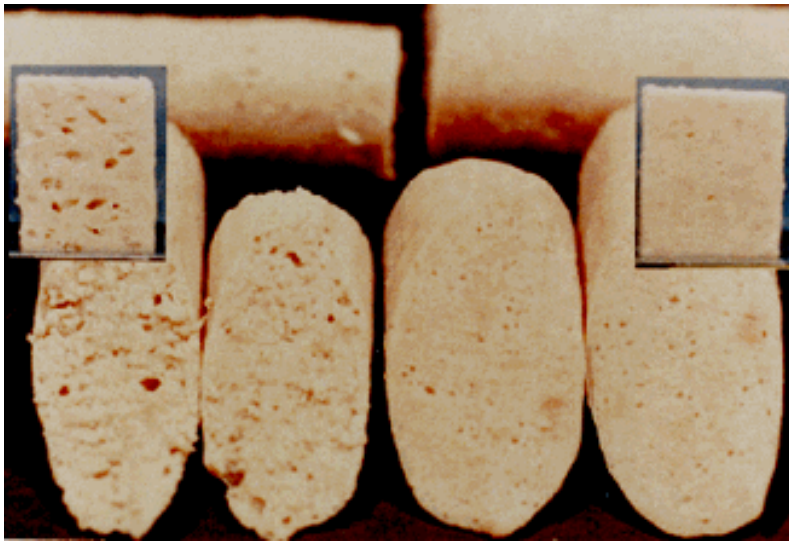


图9 低盐火腿剖面图（左未加压，右超高压加工）

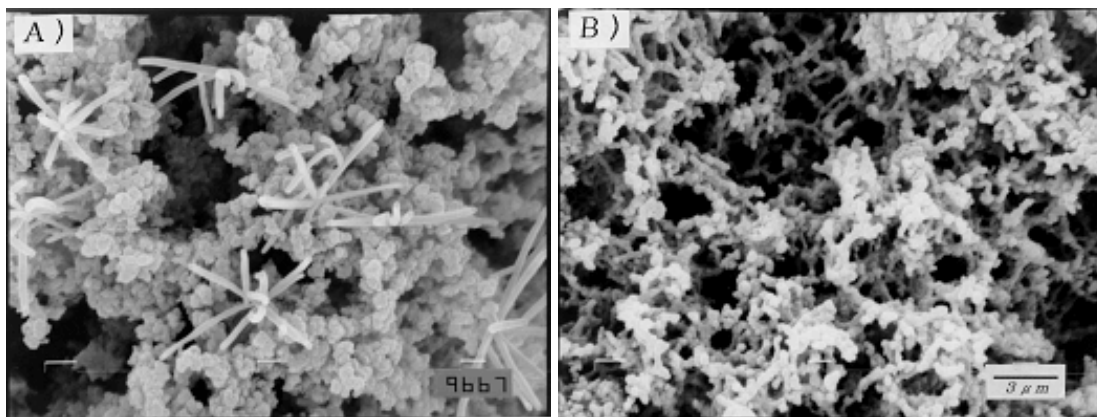


图10 低盐火腿组织结构图

超高压技术作为一种新兴的食品处理技术，用于肉类加工可以实现成型、杀菌、嫩化，并可以在包装后进行处理，在改善肉品质、抑菌和节能等方面表现出独特的优势，同时也防止了产品的二次污染，它是肉制品加工的一条新途径，为肉品的加工、贮藏和开发提供了广阔前景。

参 考 文 献

- [1] 马汉军, 周光宏, 等. 高压处理对牛肉肌红蛋白及颜色变化的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(12): 36~39.
- [2] Suzuki T, Takahashi T, Sato S, et al. High pressure treatment of various foods. In: Hayashi, R. (Eds), High Pressure Bioscience and Food Science[M]. Kyoto: San- Ei Pub. Co., pp. 1993: 365~371.
- [3] Jung, S., Ghoul, M. and De Lamballerie-Anton, M. Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat [J]. Lebensmittel-Wissenschaft und- technologie, 2003, 36, (6) :

625~631.

- [4] 靳焯, 南庆贤. 高压处理对牛肉感良特性与食用品质的影响[J]. 农业工程学院, 2004, 20(5):196~199.
- [5] akahashi K. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post mortem ageing of meat: the nonenzymatic mechanism of meat tenderization[J]. Meat science, 1996, 43:67.
- [6] 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.
- [7] Thom son B C, Singh K, Speck P A . Post mortem ki2
- [8] 马汉军, 王霞, 周光宏, 徐幸莲. 高压和热结合处理对牛肉蛋白质变性和脂肪氧化的影响[J]. 食品工业科技, 2004(10):63~65.
- [9] Martino, M., N , Otero L., Sanz, P. D, Zaritzky, N., E. Size and location of ice crystals in pork frozen by high - pressure assisted freezing gas compared to classical methods[J]. Meat Science, 1998, 50(3):303~313.
- [10] Makita T. Fluid Phase Equilibrium , 1992 , 76 :87~95
- [11] 段旭昌, 李绍峰, 等. 超高压处理对牛肉加工特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(10):62~66.
- [12] Moerman, F. High hydrostatic pressure inactivation of vegetative microorganisms, aerobic and anaerobic spores in pork Marengo, a low acidic particulate food product. [J]. Meat Science, 2005, 69, (2):225~232.
- [13] 李宗军. 压力温度处理对肉制品中微生物的影响[J]. 食品与机械, 2006, 22(3):14~16.
- [14] Garriga, M., Grébola, N., Aymerich M.T. Microbial inactivation after high - pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004:451~457.
- [15] Messens W, Van Camp J, Huyghebaert A. The use of high pressure to modify the functionality of food proteins [J]. Trends in Food Science and Technology, 1997, 8(4):107~112.