

# 对超高压杀菌技术现状及影响杀菌效果因子的研究

■ 丛立生 丹东出入境检验检疫局

王铁龙 中国检验检疫科学研究院

付楠 中国检验检疫科学研究院

田世民 中国检验检疫科学研究院

张天军 中国质量认证中心

**摘要**：本文介绍我国超高压杀菌技术研究的现状，及其影响杀菌效果的关键因子：压力大小和加压时间、加压方式、处理温度、微生物、食物本身组成和添加物、pH 值、水分活度等等，通过研究关键因子，希望为以后的超高压杀菌的研究起到推动和借鉴的作用。

**关键词**：超高压杀菌 现状 杀菌效果 影响

随着人们生活水平的提高，人们对食品的质量及产品的品质要求越来越高。人们总是去追求色泽好、形状好、营养丰富的产品，而且希望尽可能的保证产品安全，不添加防腐剂和其他化学添加剂。在罐头食品杀菌发展的历史长河中，热力杀菌是我们最常使用、最为经济的、最为有效的杀菌方式，但是由于其自身有一定的局限性，因此，我们在不停的追寻新的杀菌方式。利用超高压技术加工产品就是其发展的一个方向。它能够有效地克服传统热加工处理方法带来的很多弊端，能够较好的保持物料原有的营养成分，而且加工活食品的口感适宜、色泽鲜艳、保质期较长，而且整个食品加工过程的能量消耗也较传统的加工工艺有着很大程度地降低。本文结合研究了超高压杀菌技术现状及杀菌的特点，旨在推动我们国家在罐头食品超高压杀菌技术方面的研究和应用。

## 1 超高压杀菌技术现状

超高压加工技术( Ultra high-pressure processing ) 又称高静水压加工技术( High hydrostatic pressure processing ) 或高压加工技术 ( High-pressure processing )，是指媒介物 ( 通常是液体介质，如水 ) 在极

高的压力(例如100~1000MPa)下产生蛋白质变性、淀粉糊化,进而引起酶钝化、微生物灭活、组织改性等物理化学生物效应,从而达到食品安全保藏及改性。

早在1899年,美国化学家Bert、Hite就证明了牛奶、果蔬和其他食品、饮料中的微生物对压力的敏感,并证明高压处理能够延长食品的货架期。1914年,美国物理学家Briagmum提出了在静水压500MPa下蛋白质凝固,700MPa形成凝胶的报告。高压在食品工业上的应用,有日本京都大学林力丸教授于1986年提出,并于1991年4月日本开发了首个高压食品—果酱。直到今天,世界上许多国家都对高压食品加工原理、方法和技术细节及应用前景进行了广泛深入的研究,并应该开始向市场供应超高压食品。在欧洲,已经开发出了许多水果和熟食等超高压产品。近年来,我国也已经对高压设备和超高压食品进行研究。

### 1.1 超高压杀菌技术特点

根据帕斯卡原理,在食品杀菌过程中液体可以瞬间均匀地传递到整个食品,与食品的几何尺寸、形状、体积等无关,食物受压均一,压力传递速度快,而且不存在压力梯度,使得杀菌过程较为简单,能耗也明显降低。固态食品和液态食品的处理工艺不同。固态食品如肉、禽、鱼、水果等需装在耐压、无毒、柔韧并能传递压力的软包装内,进行真空密封包装,以避免压力介质混入,然后置于超高压容器中,进行加压处理。处理工艺是升压—保压—卸压三个过程,通常进料、卸料为不连续方式生产。液态食品如果汁、奶、饮料、酒等,一方面可像固态食品一样用容器由压力介质从外围加压处理。也可以直接以被加工食品取代水作为压力介质,但密封性要求严格,处理工艺为升压—动态保压—卸压三个过程,用第二种方法可进行连续方式生产。

### 1.2 超高压杀菌对微生物的影响

我们知道微生物的热力致死是由于细胞膜结构变化(损伤)、酶的失活、蛋白质的变性、DNA直接或间接的损伤等主要原因引起的。超高压能破坏氢键之类的结合键,使基本物性变异,产生蛋白质的压力凝固及酶的失活;还能使菌体内成分产生泄漏和细胞膜破裂等多种菌体损伤。

食品超高压杀菌,即将食品物料以某种方式包装好之后,放入液体介质中,在100MPa~1000MPa压力

下作用一段时间，使之达到灭菌要求。极高的静压会影响细胞的形态，高压对细胞膜、细胞壁都有影响。

在压力作用下，细胞膜磷脂双分子层结构的容积随着每一磷脂分子横切面积的缩小而收缩。压力引起的细胞膜功能劣化将导致氨基酸摄取受抑。

### 1.3 超高压杀菌对酶的影响

蛋白质三级结构是形成酶活性中心的基础，超高压作用使维持蛋白质三级结构的盐键、疏水键以及氢键等各种次级键被破坏，导致三级结构崩溃，使酶的活性中心发生改变或丧失活性中心，从而改变其酶催化活性。酶的活性一般随着施加压力的提高先上升后下降，在较低的压力下，酶的失活通常是可逆的，有时还会造成酶活性的增强。而在较高的压力下，酶活性显著下降，且为不可逆的失活。酶的活性一般随着施加压力时间的延长逐渐下降，但超过半小时以上影响不再显著。间歇式的加压对一些酶的钝化效果要比单纯的连续加压好一些。体系中存在的蛋白质、糖、脂肪和一些可溶性的盐类等都对酶具有一定的保护作用，使酶的耐压性有所提高。

### 1.4 超高压杀菌对产品品质的影响

由于超高压对共价键的影响较小，因此超高压本身对产品品质，如颜色、风味和营养成分破坏较小，但是超高压会破坏细胞，使原本分区的底物 and 没有完全灭活的接触，从而引发一系列复杂的化学反应。此外，不能完全灭活的微生物对产品品质也有重要影响。

#### 1.4.1 超高压杀菌对食品营养成分的影响

目前已有很多的研究表明，除极端高压外，一般强度的高压不会影响产品中维生素的含量。Polydera 等比较了还原橙汁的超高压处理（500MPa, 35°C, 5min）与传统热处理（80°C, 30sec）效果，发现前者Vc降解较慢，而且颜色几乎没有受到影响。同Vc类似，维生素B族在室温的高压下比较稳定，但是随着温度或是压力的升高其分解加快。

总的来说，压力对维生素等营养物质影响较小，但极端条件（如极高压、高温）会导致营养物质的大量损失。

#### 1.4.2 超高压杀菌对果蔬食品颜色的影响

常温高压不影响叶绿素，甚至颜色更深，但由于细胞被破坏，叶绿素呈游离态，在贮藏期间易发生氧化使颜色变化。相比之下，高温高压处理使酶完全钝化而不会导致贮藏期间颜色的变化。同样的，花青素在常温高压处理下比较稳定，但在贮藏期会发生变化。

除了色素的变化，贮藏期间的酚类物质的酶促褐变也是高压果蔬变色的重要原因。Palou 等发现香蕉浆的PPO 活性与25°C贮藏的褐变率正相关。因此，PPO 的钝化成为抑制褐变的关键。Lopez-Malo 等指出鳄梨汁的颜色变化依赖于超高压处理后残留的PPO 活性及贮藏温度，超高压结合低pH 可以有效抑制鳄梨汁的PPO 活性。另外超高压处理使果蔬组织结构发生变化，组织结构和色素交互作用也影响着果蔬的颜色和透明度。

#### 1.4.3 超高压杀菌对果蔬食品风味的影响

通常认为超高压处理不会改变果蔬的新鲜风味，因为超高压杀菌不影响风味分子的共价结构。然而，由于超高压会增强或是抑制酶促及非酶促反应，因此可以间接地改变一些风味物质的含量并干扰果蔬中风味的平衡，从而间接地导致其他风味的产生。例如800MPa20°C处理20min 改变了草莓浆的风味，产生一些显得化合物，如r- 内酯，这种风味与桃子相似； 400MPa 室温处理20min 草莓浆中乙醛含量翻倍。

尽管高压不能完全保持果蔬原有的新鲜风味，但较之于对风味破坏更加严重的传统热加工来说，该方法依然有着很好的前景。

## 2 影响杀菌效果因素

和热力杀菌一样，超高压杀菌效果也与诸多因素有关系，这里我们借鉴热力杀菌中对这些因素的称呼，也称之为“关键因子”。超高压杀菌中的关键因子主要有：压力大小和加压时间、加压方式、处理温度、微生物、食物本身组成和添加物、pH 值、水分活度等等。根据产品的不同这些关键因子影响的顺序和大小是不一样的，因此我们要对此进行评估。

### 2.1 压力大小和加压时间的影响

在一定范围内，压力越高灭菌效果越好，相同压力下，灭菌效果随灭菌时间的延长也有一定程度的提高。富余非芽孢类微生物，施压范围为内300 ~ 600MPa 时有可能全部致死，对于芽孢类微生物，有的可在1000MPa 的压力下生存，对于这类微生物，施压范围在300MPa 以下时，反而会促进芽孢发芽。池元斌研究了高压对鲜牛奶中细菌行为的影响，鲜牛奶中细菌菌落的尺寸取决于处理压力的高低以及孢子时间的长短。保压时间越长，处理压力越高，细菌菌落直径越小。

## 2.2 加压方式

采用间歇式加压杀菌的方式杀菌效果明显优于连续式加压杀菌效果，许多研究人员认为这是优于第一次加压会引起芽孢发芽，第二次加压则使这些发芽而成的营养细胞杀死。因而对于易受芽孢菌污染的食物用超高压多次重复短时处理，杀灭芽孢的效果较好。

## 2.3 处理温度

受压时的温度对于灭菌效果有明显的影响。在高温和低温下，高压对于微生物的活性影响都比较敏感。微生物本身就怕高温，因此有高温的协同，高压灭菌效果大大提高。低温下，压力会使得细胞内冰晶析出而破裂的程度加剧，所以低温对于高压灭菌也有促进作用。对一定浓度的糖溶液，在不同温度下进行高压杀菌，在同样的压力下，杀死同等数量的细菌，则温度高，所需杀菌时间短。因为在一定温度下，微生物蛋白质、酶等成分均会发生一定程度的变性。因此，根据不同食品的需要，在对食品各个方面的品质没有明显影响的情况下，适当提高温度对高压杀菌有促进作用。

## 2.4 微生物的种类与特性

不同生长期的微生物对压力反应不同。一般地说，处于指数生长期的微生物比处于静止生长期的微生物对压力反应更敏感。革兰氏阳性菌比革兰氏阴性菌对压力更具抗性，革兰氏阴性菌的细胞膜结构更复杂而更易受压力等环境条件的影响而发生结构的变化。孢子对于压力的抵抗力更强。芽孢类细菌，同非芽孢类的细菌相比，其耐压性很强，当静压超过100MPa 时，许多非芽孢类的细菌都失去活性，但芽孢类细菌则可在高达1200MPa 的压力下存活。革兰氏阳性菌中的芽孢杆菌属和梭状芽孢杆菌属的芽孢最为耐压。

## 2.5 食物本身的组成和添加物

超高压杀菌时，各种食物的物理、化学性质不同，使用的压力要求也不同，例如：用300MPa 的压力可灭活猪肉糜中腐败菌和食物中毒菌，而且含菌量随着施压时间的延长而逐渐减少，而灭活橙汁中的酵母、霉菌，所需的压力低得多。在高压下，食物的化学成分对灭菌效果有明显作用。蛋白质、脂类、碳水化合物对微生物有缓冲保护作用，而且这些营养物质加速了微生物的繁殖和自我修复功能。Kanjiro Takahashi 研究了低温下共存物对高压灭菌效果的影响，选用的物质分别为NaCl、蛋清、葡萄糖、猪油，在不同压力 and 不同温度下处理，均证明这些物质的存在使微生物存活率提高。食品基质含有的添加剂组分对超高压灭菌影响很大，但有些食品在高压杀菌时可考虑使用天然抑菌剂，其协同效应使处理压力降低。

## 2.6 pH 值

每一种微生物生长繁殖所适应的pH 值都有一定的范围，氢离子浓度对其生命活动影响很大。高浓度的氢离子可起菌体表面蛋白质和核酸水解，并破坏酶类活性。因此酸性环境不利于多数微生物的正常生长，这也是第一代高压食品以酸性食品，如果酱、果汁等为主的原因之一。Roberts 报道pH4 ~ 7 的范围内，以pH4 对凝结芽孢杆菌孢子的压力致死效果最好。Kajiyama 以大肠杆菌悬液为对象，发现加压时间相同时，pH7 ~ 8.8, 400MPa 的处理与pH4.4 ~ 5, 300MPa 具有相同的致死率。Cola 等人对杏蜜中的啤酒酵母施以700MPa 的高压灭菌有pH3.5 优于 pH5.0 的结论。当然，也有不同结论。Oxen 用200 ~ 400MPa 处理鲁伯红酵母，结果pH3.0 ~ 8.0 的范围内结果差别不大。这可能是由于该试验中，水分活度的影响占了主要地位。总的来看，高压酸性食品的研究比较全面，而关于超高压对低酸性食品的作用则需要对更多的实验数据进行评估。

## 2.7 水分活度

水分活度是指食品中水的蒸汽压和该温度下纯水的饱和蒸气压的比值。不同类群微生物生长繁殖的最低水分活度范围不同，大多数细菌为0.99 ~ 0.94，大多数霉菌为0.94 ~ 0.80，大多数耐盐细菌为0.75，耐干燥霉菌和耐高渗透压酵母为0.65 ~ 0.60。在水分活度低于0.60 时，绝大多数微生物就无法生长。所

以水分活度对灭菌效果影响很大。

阮征等的实验是用蔗糖等调节水分活度，结果表明，水分活度低于0.94时，室温下400MPa处理红酵母15min所产生的致死作用会受到抑制。30℃，水分活度为0.96，400MPa时，15min的处理可使酵母细胞减少1个数量级；当水分活度减至0.94，酵母失活不足两个数量级；当水分活度低于0.91，几乎没有失活现象。研究表明，水分活度大小对微生物抵抗压力非常关键，对于固体与半固体食品的超高压灭菌，考虑水分活度的大小十分重要。

### 三 结论

超高压杀菌技术在国内外日趋成熟，从在我国应用方面来看，也取得了一定的发展，引起了人们的广泛重视。超高压技术具有传统热加工技术无法比拟的优势，因此也是我们未来发展的方向之一。

针对我国出口食品农产品逐年增加的现状，我们迫切需要提高我们的产品竞争力，那么在高压杀菌领域里，我们怎么才能够取得更大的发展。我们针对特定食品选择特定的杀菌工艺，优化杀菌参数，积累数据，从而保证超高压食品的安全性。同时，应积极研究超高压与关键因子的关系，调节好产品，关键因子，杀菌协同的关系，从而获得良好的超高压杀菌效果。是超高压处理的食品符合21世纪食品简便、卫生、天然和营养的消费要求，不仅如此，超高压杀菌技术还是我们节能减排，节约成本的发展方向，同样也可以提高我国产品在世纪商品中的竞争力。

### 参考文献

- [1] 余小领. 食品高压处理技术及其应用. 食品科技, 2000(6):10-12.
- [2] 赵玉生. 初探食品工业中的超高压灭菌技术. 食品工程, 2006(4):23-26.
- [3] 池元斌. 高压对鲜牛奶中细菌行为的影响. 2000年全国首届高压食品暨超高压技术应用论文集. 2000, 48-50.
- [4] 冯根源, 韩金璞. 高压在食品加工中的开发利用. 食品研究与开发, 1999(1):28-30.
- [5] 林向阳, 陈金海, 郑丹丹, 何承云, 阮榕生. 高压杀菌技术在食品中的运用. 农产品加工学刊, 2005(4):9-12.
- [6] 邱伟芬, 江汉湖. 食品超高压杀菌技术及其研究进展. 食品科学, 2001(5):81-84.
- [7] 藤沼一信. 高压杀菌技术的现状及展望. 食品科学, 1998(4):59-66.
- [8] 得力格尔桑. 静态高压处理食品时的生物学效应. 2000年全国首届高压食品暨超高压技术应用论文集. 2000, 8-15.
- [9] 阮征, 曾庆孝. 环境因子对超高压杀菌效果的影响. 食品科学. 1997(208):8-11.