

超高压技术在食品工业中的应用

(杭州商学院食品、生物与环境工程学院, 杭州 310035) 励建荣 夏道宗

摘要 超高压技术是目前国际上最热门的食品加工技术之一。本文对超高压技术的应用现状；超高压技术在食品工业中的应用前景，包括超高压对微生物、蛋白质和酶、脂类、多糖、胶体和凝胶以及超高压技术对食品感官特性和营养特性的影响；超高压处理食品的特点；当前超高压技术开发的重点及存在的问题等内容作了综述，并对超高压技术在食品工业中的应用前景作了展望。

关键词 超高压技术 食品工业 应用

Abstract Ultra-high pressure technology is one of the most popular methods in food process. This paper reviews the situation and the development of ultra-high pressure processing technology in food industry, including the effects on micro-organisms, protein and enzyme, fat and lipid, polysaccharide, gel, the sensory and nutritional properties of foods and so on. The prospect, the importance and the present problems of ultra-high pressure applied in food industry are also mentioned in this paper.

Key words ultra-high pressure technology; food industry; application

中图分类号：TS205.9 文献标识码：A

文章编号：1002-0306(2002)07-0079-03

超高压技术的研究始于 1914 年, 美国物理学家 Briagmum P.W. 提出了静水压 (500MPa) 下蛋白质凝固, 700MPa 形成凝胶的报告。40 年代 Johnso, Zobell 等研究了超高压下的海洋生物。超高压在食品工业上的应用, 是由日本京都大学林立丸教授于 1986 年提出的。

1 超高压技术的应用现状

超高压技术的出现虽然有近 100 年的历史, 但在近年才应用于食品加工业。日本在超高压食品加工方面居于国际领先地位, 并且已拥有大量的食品超高压处理实验机械和生产设备。超高压加工的食品在 1990 年前后相继面世, 主要用于果酱、桔子汁及水果蔬菜的加工, 消费者反映良好, 此项技术已列为全日本十大关键科技之一。

其它日本超高压食品有可长期贮藏的“浊酒”,

以鱼肉为原料的布丁、豆腐、酸乳酪的新产品、高质量的‘野泽淹菜’等。还有米面做的点心、饼以及日本酱汤等新产品。

在美国及欧洲, 许多国家先后对高压食品的原理、方法、技术细节及应用前景进行了广泛的研究, 研究的深度和广度不断扩大。美国已将超高压食品列为 21 世纪食品加工、包装的主要研究项目, 并已有小规模工业化生产。高压技术在我国还处于起步阶段, 加快开展超高压食品研究, 特别是加强超高压加工调味品、中药材、保健食品以及其它价值高但对热较敏感的食品或药品的研究, 对我国参与国际竞争有着极为重要的意义。

2 超高压技术在食品工业中的应用前景

2.1 超高压对微生物的影响

实验证明, 高压可以引起细胞形状、细胞膜及细胞壁的结构和功能发生变化。影响微生物耐压性的主要因素包括以下几个方面:

2.1.1 压力大小和受压时间 一般地, 压力越高, 杀菌效果越好; 在相同压力下, 延长受压时间并不一定肯定能提高灭菌效果。大森丘在肉和肉制品中接种的腐败菌和致病菌, 在 25℃ 下进行 100~600 MPa 超高压处理, 观察杀灭情况, 发现大肠杆菌在 200MPa 时数量并未减少, 300MPa 以上的超高压能杀灭, 并且随压力的增大而减少。崛江 (1991) 试验将葡萄球菌、沙门氏菌、大肠菌群接种在苹果酱中, 然后在 200MPa 和 300MPa 下加压 20min, 实验结果表明, 加压 300MPa 20min 后即可达到商业无菌要求。

2.1.2 种间差异 一般说, 处于对数生长期的细胞比处于静止期的细胞对压力反应更为敏感。革兰氏阳性菌比革兰氏阴性菌对压力更具抗性, 孢子对压力的抵抗力则更强, 可以在高达 1000MPa 的压力下生存, 病毒对压力也有较强的抵抗力。酵母 (低发酵度酵母和白酵母) 在 200~240MPa 压力下必须处理 60min 才被杀灭, 而 370~400MPa 时仅 10min, 570MPa 时 5min 即可。

2.1.3 温度 受压时温度对灭菌效果具有明显的影响。

收稿日期: 2002-03-12

作者简介: 励建荣 (1964-), 男, 博士, 教授。

响。Takahashi 等研究了 *S. bareiug*、副溶血性弧菌 (*V. parahaemolyticus*) 和金黄色葡萄球菌 (*St. aureus*) 等细菌在 100~400MPa 的压力下，温度分别为 20℃ 或 ~20℃， $pH=7$ ， $Qmol/L$ Na_3PO_4 的条件下受压 20min 的灭菌效果，他们发现 -20℃ 比 20℃ 的效果好。Carlez 等研究了 *Citrobacter freundii* (用于 *Salmonella* spp 的指示物) 在不同温度和压力下的反应，发现在 280MPa 压力和 20℃ 温度下取得的灭菌效果与 230MPa、40℃ 或 150MPa、50℃ 的灭菌效果相近。

2.1.4 pH 长期以来，pH 一直被看作是影响微生物在受压条件下生长的主要因素之一。在受压条件下，培养基的 pH 有可能发生变化，与此同时细菌的最适 pH 范围也变得较为狭窄。

2.1.5 食品组成 食品的化学成分对灭菌效果也有明显的影响。蛋白质、碳水化合物和脂类对微生物具有保护作用。食品中的氨基酸和维生素等营养物质，更增强了微生物的耐压性。如果添加脂肪酸酯、蔗糖酯或乙醇等添加剂，将提高加压杀菌的效果。

2.2 超高压对蛋白质和酶的影响

一般地，高压对蛋白质一级结构没有影响，不利于二级结构的稳定，对三级结构有较大影响，而四级结构对压力非常敏感。

当蛋白质或酶经高压后，其疏水结合及粒子结合会因体积的缩小而被切断，于是立体结构崩溃而导致其变性。当压力较低 (100~200MPa) 时，蛋白质和酶的变化是可逆的；当压力较高 (超过 300MPa) 时，蛋白质和酶的变化是不可逆的，即酶的永久性失活和蛋白质的永久性变性。

超高压对酶的影响和对微生物的影响并不一样。因为高压除了使酶失活外，也可以使某些在常压受到控制的酶激活，从而提高一些酶的活性。Fukuda 和 Kunyi 报导胰蛋白酶 (Trypsin) 和羧基肽酶 Y (Carboxypeptidase Y) 的活性在高压下受到抑制，而嗜热菌蛋白酶 (Thermolysin) 和纤维素酶 (Cellulase) 在高压下则被激活。

另据报导，由 100 多种肌形质酶构成的鱼肉水溶性蛋白质，在 100MPa 的压力下 16% 产生了变性，200MPa 40%，400MPa 80% 变性，并且变性难易因蛋白质种类而异。

2.3 超高压对食品中脂类、多糖和胶体及凝胶的影响

2.3.1 脂类 高压对脂类的影响是可逆的。Wong (1987) 利用拉曼和红外光谱仪研究很多种脂类状态的变化，发现主要临界温度在压力每升高 100MPa 时升高 20℃，且呈直线关系。因此，高压对脂类的影响是显而易见的。

2.3.2 多糖 由于多糖对食品的结构和质地具有重要影响，有时甚至是决定性的，所以近年来对多糖的

研究有增加的趋势。有人研究了高压对淀粉粒的影响以及高压处理后淀粉粒的敏感性的变化，认为淀粉中的含水量是决定高压影响大小的关键因素。

2.3.3 胶体及凝胶 胶体及凝胶一般由蛋白质和多糖形成，因此高压对胶体及凝胶亦具有较大影响。

2.4 超高压对食品感官和营养特性的影响

在常温或低温下经高压加工的多种食品，如鱼类、肉类、水果、果汁以及多种调味品的提取物，其原有味道及特有风味没有改变。食品的颜色在高压下或有改变，但有些色素，如类胡萝卜素、叶绿素、花青素等对高压具有抵抗力。肌红蛋白对压力较为敏感，因此新鲜肉 (粉红色) 在 300MPa 以上的压力下便失去原有的光泽。食品的粘度、均匀性及结构等特性对高压较为敏感，但这些变化往往是有益的。

有人比较了高压加工和热加工的果汁中维生素含量的变化，发现高压加工后的果汁中保持了 95% 以上的维生素含量，而热加工后的果汁则只有 72%~78%。Thevelein 等发现高压可使多种淀粉糊化温度升高，淀粉酶的易感性提高，提高了淀粉的消化率。

3 超高压处理食品的特点

3.1 超高压处理的范围只对生物高分子物质立体结构中非共价键结合产生影响，因此对食品中维生素等营养成分和风味物质没有任何影响，当然也得不到有些热加工工艺所产生的新的香味，如不能产生加热时由美拉德反应所产生的特有香味，当然也不会出现不愉快的异味，如热臭等。

3.2 加压处理后的食品物质可以改变其物性，特别是蛋白质和淀粉的表面状态与热处理完全不同，这就可以用压力处理出至今尚没有出现的各种新的食品素材。

3.3 与热反应相反，压力可以在瞬间传到食品的中心，压力传递均匀，处理均一性好，运转费用低。

3.4 高压水冰点下降。在 200MPa 下，水的冰点为 -20℃，这说明食品可在 0℃ 以下贮藏而不结冰，还可进行加压解冻。

3.5 维持高压不需要能量，节约能源，不污染环境。

3.6 可以作为半调理食品的加工。

3.7 初期设备成本投资较大，且生产效率比热加工低一些。

4 目前超高压技术开发的重点及存在的问题

4.1 超高压技术开发的重点

食品工业中超高压处理技术研究经过近 10 年的发展，在取得大量成果的基础上，目前开发的重点有以下几个方面：加热和加压的相乘和拮抗效果的利用；高压在食品化学反应方面的特殊效果利用；植物细胞由于加压体积缩小，细胞膜功能消失，成为单

蛋糕微波制作技术问题的探讨

(广州美晨集团股份有限公司 广州 510075) 郭 桦

摘要介绍了在微波烘制蛋糕过程中常遇到的技术问题，包括加热不均匀和蛋糕口感及风味的改变等，分析其成因，并提出其相应的解决方法。最后，展望了微波蛋糕制作技术的应用前景。

关键词 蛋糕制作 微波应用

中图分类号：TS201.1 文献标识码：A

文章编号：1002-0306(2002)07-0081-02

微波应用于蛋糕制作目前在国内仅限于家庭，但由于其无须预热、加热快、营养和水分保持好、节省设备和场地投资等优点，其在食品工厂、食品店、自动售卖机等领域有着广泛的应用前景。当然，由于微波蛋糕制作仍是一种较新的技术，人们在操作中容易遇到这样那样的问题。本文结合作者的相关研究实践，分析这些问题的成因并提出有关的解决

收稿日期：2002-02-10

作者简介：郭桦(1975-)，女，助工，主要从事食品添加剂的产品开发和应用研究。

纯的半透膜，可利用此特点来提取动植物的精华和制造咸菜等；超高压酒类催陈技术；加压装置成本的降低和高效率生产。

4.2 目前超高压技术存在的问题

由于超高压是基于对食品主成分水的压缩效果，它是利用了帕斯卡定律，因此对于不适合这一定律的干燥食品、粉状或粒状食品，不能采用超高压处理技术；由于高压下食物的体积会缩小，故只能用软材料包装；一些产芽孢的细菌，特别是低酸性食品中的肉毒梭菌，需在70℃以上加压到600MPa或加压到1000MPa以上才能杀死；酶因其分子量和分子结构不同，超高压下活性变化也不一样，故需加压到所有酶失活为止。若允许残存酶时为防止流通中质量下降需采用低温流通的方法；超高压装置必须采用耐高压的金属材料和结构，故装置笨重，且基本建设费用高；因反复加减压，高压密封体易损坏，加压容器

办法。

1 蛋糕受热不均匀

加热不均匀几乎是所有微波加热过程都容易遇到的问题^[1]，在微波蛋糕制作中，这容易导致表面成型差、难上色和内部部分已过熟、部分还是稀浆的情况。从加热原理来看，微波加热并不是因为微波本身会发热，而是由于物质吸收了微波。

由于蛋糕中各种组分的分子极性不同，介电常数不同，它们对微波的吸收就会产生差异，从而造成蛋糕中各部分温度上升的不同；微波除了被物料吸收外，还可穿透、反射和折射，在这种综合作用下，微波炉中的蛋糕所受的微波是来自各个方向的叠加。通常，蛋糕中心部位由于受到的微波叠加较集中而升温较快，而蛋糕表面由于接触周围的冷空气而且水分蒸发快而升温较慢。另外，蛋糕配方、大小、形状、数量、摆放位置的不同也会造成蛋糕浆加热过程的差异。

针对这些微波加热蛋糕不均匀的原因，就能定

易发生损伤，故实用的超高压装置目前压力在500MPa左右；虽然已经进行了蛋白质、淀粉等天然高分子物质及微生物的基础研究，但实际应用时仍需根据加工的食品设定处理条件。

5 超高压技术处理食品的展望

超高压食品加工技术虽然还有些问题需研究解决，但由于经超高压处理的食品更接近原来食品，具有爽脆、风味好、营养价值高等优点，所以有可能部分代替辐射杀菌和加热杀菌的方法。目前日、美、英、法等国正在积极开发这一高新技术，还将其用于研制军用食品。我国在食品加工方面也存在着许多希望以冷加工代替热加工的迫切问题，也许高压处理是目前解决问题的最好途径之一。抓住机遇，加快超高压技术的研究和应用，将有利于我们在国内和国际食品市场竞争中取得有利地位。

参考文献(略)