

超高压处理对食品包装材料的影响研究进展

马学芬¹, 唐亚丽^{1,2}, 卢立新^{1,2}

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122;

2. 江南大学 中国包装总公司食品包装技术与安全重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要: 超高压杀菌处理对食品品质的影响较小, 能较好地保持食品原来的营养和风味。阐述了超高压处理的杀菌机理及影响因素, 综述了超高压处理对食品包装材料的机械性能、阻隔性能、物质迁移的影响研究状况, 展望了超高压处理对食品包装材料影响研究的发展方向。

关键词: 超高压处理; 包装材料; 机械性能; 阻隔性能; 物质迁移

中图分类号: TS205.9; TS206.4

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2011)03-0065-05

Effect of Ultra High Pressure Processing on the Properties of Food Packaging Materials

Ma Xuefen¹, Tang Yali^{1,2}, Lu Lixin^{1,2}

(1. Mechanical Engineering College, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China; 2. Key laboratory of Food Packaging Techniques and Safety of China National Packaging Corporation, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China)

Abstract: Ultra high pressure technology has little effect on food quality, it can keep natural nutrition and flavor in the food. The sterilization mechanism and the factors are described, and the effect of high pressure treatment on mechanical properties, barrier properties, material migration on food packaging material are summarized. At last the study development of the effect of high pressure treatment on food packaging is prospected.

Key words: Ultra high pressure processing; packaging material; mechanical properties; barrier properties; material migration

0 引言

非热加工是一种新兴的食品加工技术, 而超高压杀菌技术是其中最具潜力的保鲜技术之一。超高压杀菌处理对食品品质的影响较小, 能较好地保持食品原来的营养和风味。因此, 作为一种新型的食品保鲜技术, 超高压杀菌处理已引起越来越多的关注, 并得到了较为广泛的应用。

目前, 超高压技术在部分发达国家已通过食品安全评价, 并获准商业化应用, 而在国内仍处于实验研发阶段。我国食品工程产业正在不断发展超高压杀菌技术, 从“九五”发展规划开始就设立了有关超高压技术等食品非热加工技术研究计划, 随后在“十一五”国家 863 计划和科技支撑计划中, 再次将其作为发展我国非热力杀菌加工产业的重大科技项目。这些计划的资助和顺利实施使得我国从事非

收稿日期: 2011-03-18

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项基金资助项目 (JUSRP11114)

作者简介: 马学芬 (1987-), 女, 浙江杭州人, 江南大学学生, 主要研究方向为食品包装材料;

通信作者: 唐亚丽 (1982-), 女, 河北张家口人, 江南大学副教授, 博士, 主要从事食品包装方面的教学与研究,

E-mail: tangyali35@126.com

热加工的研究团队变得更加强大,江南大学、中国农业大学、浙江大学、华南理工大学和包头科技发展公司等都是这支队伍里的主力军。这些单位在不断壮大队伍的同时,也形成了产、学、研紧密结合的非热加工科技联盟,在基础理论研究、关键技术应用领域中都取得了新的突破^[1]。

然而,对于超高压杀菌处理对食品包装材料的影响研究却不多见。食品包装材料性能及结构的改变会影响食品的质量安全以及货架期。为改善包装材料的性能,生产商往往会添加一些添加剂,如塑料包装材料中可能添加了各种功能型助剂,这些助剂虽然符合国家标准,但是经过一定的加工程序如辐射、高压处理等之后,必然会对食品包装的性能产生一定的影响,有些食品包装甚至会发生化学成分的迁移。因此,对经超高压处理的食品包装材料进行安全性能评价,即超高压处理对食品包装材料安全性能的影响研究,是超高压杀菌技术应用的前提保障。

1 超高压杀菌机理及影响因素

1.1 超高压杀菌机理

食品包装作为食品的外在构成部分,最主要的功能是对食品的保护,同时也会对食品的感官特征、理化性能、卫生状态等产生一定的影响,特别是经过一定的加工处理后,这种影响会更大。

超高压杀菌属于物理杀菌,其杀菌机理是利用增加压力室内部压力(压力为100~1 000 MPa),通过液体介质将这种压力传递到要杀菌的食物中,从而达到杀菌的效果^[2]。一般而言,根据设备的不同,其内部传递介质也不同,通常有油和水等流体介质。超高压杀菌通过改变细胞的形态,使一些非共价键(如氢键、离子键和疏水键等)发生变化,从而达到杀灭细菌等微生物的作用。这种杀菌处理不会改变形成蛋白质等高分子物质、维生素、色素和风味物质等的共价键,因此不会影响到食物本身的风味及营养价值。经超高压杀菌处理后的食品,能保持其原有的营养及风味,且货架寿命更长^[3]。

超高压杀菌处理基本不会改变食物的尺寸和体积,其均匀的压力能够较为彻底地杀灭细菌。同时,超高压杀菌过程较简单,且能耗较小。

综上所述,超高压杀菌技术相比热力杀菌而言,杀菌过程更简单,速度更快,能耗更低,经济环保,符合现代食品“天然、营养、卫生、安全”的发展理念,市场潜力较大。

1.2 超高压杀菌处理的影响因素

超高压杀菌处理受到较多因素的影响,其中受压力和受压时间因素的影响较大。一般来说,压力越高,杀菌效果越好;在相同压力条件下,灭菌时间越长,灭菌效果也有一定程度的提高^[4]。

除此之外与温度的关系也很密切。在低温或高温条件下,超高压对微生物的影响较大。研究表明,低温下细菌的细胞膜容易被破坏,大多数微生物在低温条件下耐压程度降低,故在低温下施加高压比在常温下更容易杀灭细菌^[5]。高温条件下,微生物中蛋白质、酶等成分均会发生一定程度的变性,因此,在高温下施加高压可缩短杀菌时间,高温对超高压杀菌也有促进作用。

微生物生长阶段对超高压杀菌也有一定的影响。处于指数生长期的微生物比处于静止期的微生物对压力的反应更为敏感。

pH值对超高压杀菌效果也有一定的影响。超高压处理会改变介质的pH值,同时,在食品安全允许的范围内,介质的pH值改变会加速微生物的死亡,从而提高超高压杀菌的效果。

食品成分对高压杀菌也有一定的影响。当食品中含有高营养成分或含有高盐高糖时,会减慢超高压杀菌的速度,这是因为在超高压条件下,含有高营养成分的食品对细菌具有保护作用^[6]。

2 对包装材料机械性能的影响研究

包装材料的机械性能是塑料力学性能中最重要、最基本的性能之一。包装材料在使用前都必须对其机械性能进行严格的检测,在经过一定的加工处理后,也需再次检测其机械性能。

在超高压杀菌处理对包装材料机械性能的影响研究方面,国外相对较早。Dobić等人选择7种单层薄膜和7种复合薄膜,研究超高压处理对薄膜性能的影响。结果发现,单层薄膜热封强度变化显著,7个样本中有4个样本的密封性能显著降低,PP40纵横向的密封性能全部损失,但Surlyn 1605的热封性能反而增加;复合薄膜热封性能没有显著改变,仅低密度聚乙烯/聚酰胺/低密度聚乙烯复合薄膜的纵向热封强度从11 N/15 mm下降到0.55 N/15 mm^[7]。

Le-Bail等人对食品工业常用材料进行超高压处理后,测试材料的机械性能和阻隔性能。结果发现,超高压处理对材料的断裂伸长率没有显著影响,对其阻隔性能影响也不大,而低密度聚乙烯的水蒸气阻隔性能反而加强了。另外,对材料的降压速率没

有任何影响^[8]。

Mertens 研究了几种经超高压处理后的复合薄膜的机械性能,结果表明,超高压处理对这些材料的机械性能无显著影响^[9]。

Lambert 等人研究了几种经超高压处理后的包装材料的机械性能,结果发现,只有一种共挤材料在超高压处理后发生了分层,其他材料没有发生机械性损坏^[10]。

Caners 等人也对超高压处理后包装材料的性能进行了研究。结果显示,超高压处理对材料的机械性能没有显著影响,大部分材料在结构扫描时未发现分层等物理结构变化,只有小部分材料出现了表面分层现象。用扫描式电子显微镜和超声波扫描显微镜扫描时发现一些薄膜发生了物理性的损坏,如镀金属聚酯/乙烯-醋酸乙烯共聚物/低密度聚乙烯(metallised polyethylene terephthalate/ethylene-vinyl acetate/linear low-density polyethylene, Met-PET/EVA/LLDPE)^[11]。

Bull 等人选择了 11 种商业用阻隔性复合包装薄膜,探讨了高温、高压处理对这些常用包装材料热封性能的影响。结果显示,所有薄膜的热封性能都不受高温高压影响,其中流延聚丙烯薄膜的热封性能最好;经高压高温处理后,所有薄膜外层都出现了分层现象^[12]。

在国内,超高压杀菌处理对包装材料机械性能的影响研究还不是很深入。丘苑新等人对未拉伸聚丙烯/尼龙/聚乙烯、聚丙烯/铝/聚乙烯复合包装膜进行了研究,探讨了超高压处理对包装材料拉伸强度、拉伸伸长率的影响,并对超高压静压处理对包装材料断面结构的影响进行了环境扫描电镜观察。结果发现,含有铝箔的复合膜的热封强度有较大变化,且一定压强下复合薄膜结构会产生膜间裂缝及膜内裂缝^[13]。

马学芬研究了超高压处理后包装材料机械性能的变化。结果显示,超高压杀菌处理对被测薄膜性能有一定影响,对材料的拉伸强度及断裂伸长率没有明显的影响,但对聚酯薄膜/聚酯镀铝膜/聚乙烯复合膜的热封强度影响显著^[14]。

3 对包装材料阻隔性能的影响研究

由于塑料薄膜具有透湿性,会直接影响内装物的质量和保存期,特别是药片、饼干、茶叶等产品,如果在保存期间因吸湿而增加水分含量,则会降低产品质量。同时,产品的保存效果与水分含量、空

气息息相关:水分活度高,产品容易滋生微生物;空气中的氧气含量大,产品容易发生氧化变质。故包装材料应具有较好的阻隔性能,具体表现为具有较小的透氧率和透湿率等。在选择产品包装材料之前,应测试材料的透氧率和透湿率;在包装材料经超高压处理后,也应测试材料的透氧率和透湿率,以确保产品质量不因包装材料及后加工处理而受损。

在国外,较多研究人员对超高压杀菌处理后包装材料的阻隔性能影响进行了研究。Lambert 等人选择聚酰胺/聚乙烯和 3 种共挤复合材料,对其进行超高压处理,测试其阻隔性能。结果发现,这些材料的阻隔性能没有显著变化^[10]。

Caner 等人研究了 8 种高阻隔性复合薄膜经超高压处理后的阻隔性能变化。结果发现,在压强达 800 Mpa,温度达 50 °C 时,大部分材料的阻隔性能均只有小幅度降低,而 Met-PET/EVA/LLDPE 复合材料对氧气、二氧化碳、水蒸气的透过率明显增大,达 150 %^[11]。

Amparo Lopez-Rubio 等人对以乙烯乙醇共聚物(ethylene-vinyl alcohol copolymers, EVOH)为基材的食品包装材料经超高压处理后的性能进行了研究,结果表明,超高压处理对材料几乎没有影响^[15]。

Schmerder 等人研究了超高压处理对 Polyamide-6 薄膜阻隔性能的影响。结果发现,随着压力的升高,材料的渗透性能降低。渗透动力学分析表明,渗透性能的降低是由于材料的扩散系数减小造成的。实验数据显示,高静水压对聚合物薄膜的阻隔性能没有不良影响^[16]。

Galatto 等人测试了含有 SiO_x 阻隔层的材料经超高压处理后的阻隔性能,结果表明,材料的氧气阻隔性能遭到破坏^[17]。

Bull 等人选择了 11 种商业用阻隔性复合包装薄膜,对其进行高压高温处理。结果发现,含有金属氧化物(SiO_x, AlO_x)的薄膜经高压高温处理后,其氧气传输速率增大,水蒸气传输速率也增大,表明其阻隔性能遭到破坏,且这种破坏不受温度和保留时间的影响。据 Bull 等人分析,这种现象可能是由于压力改变,使得体积快速变化,从而导致金属层被破坏,因此薄膜的阻隔性能降低^[12]。

国内也有相关研究,如丘苑新等人对 2 种复合薄膜材料的透过性能进行了研究,结果发现,聚丙烯/铝/聚乙烯复合薄膜的水蒸气透过率受压强影响变化显著^[13]。

超高压杀菌处理对材料阻隔性能的影响还需进一步研究。国内外相关研究信息显示,超高压杀菌

处理对材料的阻隔性能影响较大,而阻隔性能的降低会给食物带来较大的危害,严重影响食品质量。

4 对包装材料物质迁移的影响研究

在超高压处理对包装材料物质迁移的影响方面,国外研究相对较多。Dobić 等人对单层薄膜和复合薄膜进行超高压处理,结果发现,超高压处理对材料中的乙醇和异辛烷总迁移量的水平有显著影响,但是总迁移量在处理前和处理后都没有超过欧盟立法中的规定量,即 10 mg/dm^2 ^[7]。

Kuebel 等人对超高压处理后包装材料中芳香烃化合物的扩散和渗透行为进行了研究。结果发现,经超高压处理后,材料中的芳香烃化合物的浓度下降比在大气压条件下要低,高压处理增强了聚合物的扩散屏障^[18]。

Schauwecke 等人对材料进行超高压处理后,测定 1,2-丙二醇的迁移量。结果发现,超高压处理增强了材料对 1,2-丙二醇的阻隔性能,同时,聚酯薄膜/尼龙/铝/聚丙烯复合膜中的铝和聚丙烯层在高温条件下出现了分层现象^[19]。

Ana Rivas-Canedo 等人研究了含铝箔和不含铝箔的多层复合薄膜食品包装的物质迁移情况。结果发现,有大量物质迁移到食物中,主要成分是烷类支链和苯类物质^[20]。

Ana Rivas-Canedo 等人对含铝箔和不含铝箔的复合薄膜食品包装中的挥发性物质迁移情况进行了研究。结果表明,经超高压处理后,食品中的乙醇、乙醛、烷类水平显著增高,2种甲基酮水平含量较低,可知包装材料中一定量的物质已迁移到食品中,而迁移的大部分物质是线性和支链的烷类物质^[21]。

Caner 等人选择了单层和多层复合材料,研究经超高压处理后材料对 D-柠檬烯的吸收行为。结果发现,D-柠檬烯的吸收情况存在显著差异,其吸收取决于超高压处理时的温度和压力^[22]。

国内对超高压处理后材料的物质迁移研究较少。马学芬选择了 2 种塑料薄膜进行超高压杀菌处理,结果发现,超高压处理后被测薄膜没有发生物质迁移^[14]。

据相关研究数据可知,超高压杀菌处理对包装材料的物质迁移是有影响的,其影响程度还需进一步深入研究。

5 研究展望

超高压杀菌处理既可单独使用,也可结合其他

方式一起使用。与热处理杀菌技术相比较而言,超高压杀菌处理对食品品质的影响较小,具有较好的市场发展前景。

在超高压杀菌处理对包装材料性能的影响研究方面,虽然已取得了一定的成果,但研究还不够全面,可在以下问题上进一步深入研究:

1) 包装材料的质量保证。食品容器和包装材料是“间接食品添加剂”(indirect food additives),其安全性和卫生直接影响到食品的安全与卫生。产品包装的原始材料及加工过程中单体和添加剂的使用都应严格符合国家有关规定,以确保超高压杀菌处理的安全性。

2) 塑料软包装材料是目前应用最广泛的食品包装材料。超高压处理对塑料材料的性能影响,及哪些塑料材料更适宜于超高压处理,应成为今后主要的研究工作。

3) 超高压处理对食品包装材料机械性能、阻隔性能及结构变化的研究较多,而食品包装材料物质迁移的研究却相对较少,如包装材料中的化学物质向食品迁移,或食品中的物质向包装材料渗透等。其安全评价体系也处于形成阶段,还存在着迁移试验数据缺乏、相关法律法规不完善等问题,这应是下一步研究工作的重点。

4) 虽然超高压处理属于非热杀菌技术,但在高压条件下,分子间的摩擦运动也可能产生一定的热量,影响食品与包装的温度,其影响是否会导致包装材料的性能变化,这也是下一步研究工作的重点内容。

参考文献:

- [1] 中国食品学会秘书处. 食品超高压技术装备实现产业化应用——打破国外20年技术封锁和装备垄断[J]. 食品与机械, 2010, 26(5): 3.
China Food Association Secretariat. Food Ultra-High Pressure Technology and Equipment to Achieve Industrial Applications: To Break the Blockade of Foreign Technology and Equipment for 20 Years Monopoly[J]. Food & Machinery, 2010, 26(5): 3.
- [2] 陈复生. 食品超高压加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 150-151.
Chen Fusheng. Food High-Pressure Process Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 150-151.
- [3] 张胜勇. 超高压食品技术实验研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
Zhang Shengyong. High Pressure Technology Experimental Study for Food Processing[D]. Dalian: Dalian University

- of Technology, 2006.
- [4] 励建荣,夏道宗.食品超高压杀菌技术[J].广州食品工业科技, 2002, 18(3): 45-47.
Li Jianrong, Xia Daozong. Technology of Ultra-High Pressure Sterilization of Foods[J]. Guangzhou Food Science & Technology, 2002, 18(3): 45-47.
- [5] 林淑英,孔保华.超高压对食品中的酶的影响[J].食品与机械, 1999, 73(5): 30-31.
Lin Shuying, Kong Baohua. The Effects of Ultrahigh Pressure on Food Enzymes[J]. Food and Machinery, 1999, 73(5): 30-31.
- [6] 邱伟芬,江汉湖.食品超高压杀菌技术及其研究进展[J].食品科学, 2001, 22(5): 81-84.
Qiu Weifen, Jiang Hanhu. Review on Ultra-High Pressure Sterilization of Foods and Recent Research Progress[J]. Food Science, 2001, 22(5): 81-84.
- [7] Dobić S J, Michal V, Miroslav M, et al. Changes of Properties of Polymer Packaging Films During High-Pressure Treatment[J]. Food Eng, 2004, 61: 545-549.
- [8] Le-Bail A, Hamadani N, Bahuaud S. Effect of High-Pressure Processing on the Mechanical and Barrier Properties of Selected Packaging[J]. Packaging Technology and Science, 2006, 19: 237-243.
- [9] Mertens B. Packaging Aspects of High-Pressure Food Processing Technology[J]. Packaging Technology and Science, 1993, 6: 31-36.
- [10] Lambert Y, Demazeau G, Largeteau A, et al. Packaging for High-Pressure Treatments in the Food Industry[J]. Packaging Technology and Science, 2000, 13(2): 63-71.
- [11] Caners C, Ruben J H, Bruce R H. High-Pressure Processing Effects on the Mechanical, Barrier and Mass Transfer Properties of Food Packaging Flexible Structures: A Critical Review[J]. Packaging Technology and Science, 2004, 17: 23-29.
- [12] Bull M K, Steele R J, Kelly M, et al. Packaging under Pressure: Effect of High Pressure, High Temperature Processing on the Barrier Properties of Commonly Available Packaging Materials[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11: 533-537.
- [13] 丘苑新,叶盛英,徐尚和,等.超高压对食品真空复合包装膜材料性能及微观结构影响的初探[J].食品与发酵工业, 2006(12): 140-141.
Qiu Yuanxin, Ye Shengying, Xu Shanghe, et al. Preliminary Study on High Hydrostatic Pressure Effects on the Material Characteristics and Structures of the Flexible Multilayer Films for Vacuum Packaging Food[J]. Food and Fermentation Industries, 2006(12): 140-141.
- [14] 马学芬.超高压杀菌处理对包装材料稳定性的影响研究[D].无锡:江南大学, 2010.
Ma Xuefen. Effect of Ultra High Pressure Processing on the Properties of Packaging Materials[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2010.
- [15] Amparo Lopez-Rubio, Jose M. Lagaron, Pilar Hernandez-Munoz, et al. Effect of High Pressure Treatments on the Properties of EVOH-Based Food Packaging Materials[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2005, 6: 51-58.
- [16] Schmerder A, Ruchter T, Langowski H, et al. Effect of High Hydrostatic Pressure on the Barrier Properties of Polyamide-6 Films[J]. Braz. J. Med. Biol. Res., 2005, 38(8): 1279-1283.
- [17] Galatto M J, Ulloa P A, Hernandez D, et al. Mechanical and Thermal Behavior of Flexible Food Packaging Polymeric Film Materials under High Pressure/Temperature Treatments [J]. Packaging Technology & Science, 2008, 21: 297-308.
- [18] Kubel J, Ludwig H, Marx H, et al. Diffusion of Aroma Compounds into Packaging Films under High-Pressure[J]. Packaging Technology and Science, 1996, 9(3): 143-152.
- [19] Schauwecker A, Balasubramaniam V M, Sadler G, et al. Influence of High-Pressure Processing on Selected Polymeric Materials and on the Migration of a Pressure-Transmitting Fluid[J]. Packaging Technology and Science, 2002, 15: 1-8.
- [20] Ana Rivas-Canedo, Estrella Fernandez-Garcia, Manuel Nunez. Volatile Compounds in Fresh Meats Subjected to High Pressure Processing: Effect of the Packaging Material [J]. Meat Science, 2009, 81: 321-328.
- [21] Ana Rivas-Canedo, Manuel Nunez, Estrella Fernandez-Garcia. Volatile Compounds in Spanish Dry-Fermented Sausage "Salchichion" Subjected to High Pressure Processing: Effect of the Packaging Material[J]. Meat Science, 2009, 83: 620-626.
- [22] Caner C, Hernandez R J, Pascall M A. Effect of High-Pressure Processing on the Permeance of Selected High Barrier Laminated Films[J]. Packaging Technology and Science, 2000, 13: 183-195.

(责任编辑:徐海燕)