



高压脉冲电场杀菌技术 在食品工业中的应用

Application of High Voltage Pulsed Electric Fields in Food Pasteurization

杜庆 (西南大学食品科学学院 重庆 400716)

摘 要: 食品杀菌是食品处理过程中的一个重要环节。高压脉冲电场杀菌因其杀菌时间短、效率高、能耗少等特点在食品灭菌中发挥着越来越重要的作用, 综述了高压脉冲电场杀菌机理、特点、杀菌效果和食品工业中不同方面的应用。并对此技术的发展前景提出了展望。

关键词: 高压脉冲电场; 杀菌; 食品

Abstract: Destroy bacterium is a vital process in food processing. Because of it, the characteristics, such as short time, high efficiency and little consumer, high pulsed electric fields (HPEF) become more and more useful in food pasteurization. Summarized the high pulsed electric fields sterilization mechanism, characteristics, sterilization effect and application in the different aspects of the food industry. Regarding the prospects for development proposed the forecast of this technique.

Key words: high pulse electric field (HPEF); sterilize; food

中图分类号: TS205 文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2007)12-0048-03

食品工业中每年由于食品腐败变质造成的损失约占食品原料的20%以上, 因此, 杀菌技术一直是食品工业中研究的热点之一。食品保鲜处理既要保持食品的新鲜和原味, 又要尽量减小处理强度。食品保鲜的方法大致可以分为两类: 加热和非加热处理^[1]。加热处理对食品的营养价值及风味、滋味难免会产生一些副作用。特别是对于热敏性或有特殊要求的食品往往难以到达预期效果。非加热处理是一种当代崭新的食品加工技术, 其杀菌条件易于控制, 外界环境影响较小。高压脉冲电场处理就是属于非加热处理, 具有杀菌时间短、能耗低及对食品质量影响小等特点, 因此不仅能消除食品中的微生物而且还不破坏其天然品质。

1 高压脉冲电场杀菌机理

对高压脉冲电场杀菌机理, 已有多种假设, 例如有臭氧效应、电解产物效应、电磁机理模型, 细胞膜穿孔效应等, 归纳起来, 脉冲电磁场的杀菌机理主要表现在场的作用和电离作用这两个方面, 两种作用的联合构成杀死微生物的主要因素。

1.1 场的作用

分子生物学的研究表明, 生物体内的大多数

分子和原子具有极性(等效电偶极子)和磁性(分子电流模型),外加电磁场必然会对其产生影响或作用。当液体食品作为电介质置于高强度的脉冲电场中,食品中微生物的细胞膜在脉冲电场的作用下出现穿孔极化现象,产生不可修复的破裂或穿孔,从而使细胞膜的通透性和膜导电率增大,最后导致胞内物质泄露甚至死亡^[2-4]。这种现象称为“电穿孔”现象。细胞膜由磷脂双分子层及蛋白质组成,存在蛋白质通道、孔、泵送结构。蛋白质通道的开关决定于跨膜电势。蛋白质通道的开口电压为50 mV左右,小于磷脂双分子层的介电强度。在高压脉冲电场作用下,在跨膜电势达到磷脂双分子层击穿电压(150 mV—500 mV)前,许多电压敏感的蛋白质通道将会打开。而蛋白质通道一旦打开,将会经受比设定值大得多的电流,其结果是由于焦耳热作用或功能团的电高压改性,蛋白质通道形成了不可逆的破坏。磷脂双分子层由于磷脂分子的带电性及双分子层对离子的可渗透性,对电场作用敏感。电荷使得磷脂分子在高强度电场作用下重新定向,产生了亲水性的孔,破坏了双分子层抗离子的屏障。亲水性孔可以通过电流,从而产生焦耳热使磷脂双分子层发生相转变。由此,细胞膜上的电穿孔在蛋白质通道和磷脂双分子层中都出现了。孔在形成后,其尺寸随电场强度、处理时间的增大而扩大。

1.2 电离作用

电极附近产生的阴阳离子与膜内生命物质作用,阻断了膜内正常生化反应和新陈代谢过程^[5]。另外,电磁场能够使水分子的氢氧键断裂,在水中生成过量的超氧阴离子自由基、过氧化氢及自由质子。而过氧化氢有强烈的氧化作用,作用于生物分子,会破坏DNA,导致细胞死亡。液体介质中电离作用产生的臭氧同样有强烈的氧化作用,能与细胞内物质发生一系列反应^[6]。

2 高压脉冲电场杀菌的特点

高压电脉冲杀菌是利用在高压脉冲电场下,负向脉冲波峰(spike)的出现对细胞膜形成一个快速变化的压力,使其结构松散,与正向脉冲峰(pulse)协同作用能迅速破坏细胞膜的透性。同时,高压电脉冲波宽仅2 μs,对食品没有升温效然。杀菌一般在常温下进行,处理时间为几十毫秒。这种方法有两个特点:一是由于杀菌时间短,处理过程中的能

耗远小于热处理法;二是由于在常温、常压下进行,处理后的食品与新鲜食品在物理性质、化学性质、营养成分上改变很小,风味、滋味无感觉出来的差异,杀菌的效果明显($N/N_0 < 10^{-9}$),达到商业无菌的要求,特别适合于热敏性很高的食品^[7-8]。

3 高压脉冲电场杀菌效果

大量实验表明,高压脉冲电场对微生物作用明显,而且酵母比细菌更易被杀死,革兰氏阴性细菌比革兰氏阳性细菌更易杀死。对于细菌芽胞,即使更高的指数形和方波高压脉冲电场,也对芽胞无效果,但高压电场不促进芽胞发芽;而双极形高压脉冲电场对细菌孢子有明显的作用。

对数期的菌体比稳定期和衰退期的菌体更易杀灭。Gaskova报道对数期酵母细胞致死率比稳定期的高30%。这是因为对数期菌体中大部分处于分裂阶段,细胞膜对电场的作用很敏感。

研究发现,杀菌效果和食品的温度忽然酸碱度有关,Humberto^[20]等人用55 kV/cm的电场对不同温度与pH值溶液中的大肠杆菌进行杀菌实验,结果表明,在其他条件相同的情况下,pH为5.7的溶液杀菌效果比pH为6.8的溶液好。

研究者在模拟体系和在对苹果汁^[9]、番茄汁^[10]、橙汁^[11, 12]、牛乳^[13]、蛋清液^[13]等实际食品体系中,研究了高压脉冲电场对各种致病菌和非致病菌的杀灭效果及其对食品风味等的影响。研究结果显示,物料的电导率和粘度越低,密度越高,杀菌效果越好。高压脉冲电场可使菌体数量降低4—6个对数级甚至以上,处理后的货架期一般可延长4—6周以上^[14]。另外影响高压脉冲电场杀菌效果的还有介质的电导率、菌落种数和数量等。

研究还发现,杀菌效果还与电场强度、脉冲频率、处理时间等有关。Qin B^[16]等人对脱脂乳中大肠杆菌进行处理,结果表明,场强低于20 kV/cm时,杀菌效果不明显,场强越大,杀菌时间越长,杀菌效果越好。例如,场强为45 kV/cm时,在经过40个脉冲后,大肠杆菌的存活率仅为原来的1%。

4 食品工业中的应用

高压脉冲电场杀菌技术,作为一种非热杀菌技术,以其安全无害,传递均匀,处理时间短,能耗低等特点在食品加工中显示其独特的优越性。高压脉冲电场杀菌技术主要是应用于液体食品中,

其主要体现在以下几个方面:灭菌、提高果汁的出汁率、钝化酶的活性和脱水。

4.1 灭菌

国内外研究人员使用高压脉冲电场对液态食品如酒类、乳品、果蔬饮料、茶饮料、调味品等的灭菌方面进行了大量的研究,并取得良好结果。

王莱、杨瑞金利用高压脉冲电场对绿茶饮料进行杀菌^[15],结果表明,高压脉冲电场对绿茶饮料杀菌具有非常明显的作用,当电场强度达到40kV/cm时,杀菌效果非常显著,处理时间为40us时,总菌数已经降低了2.7个对数。经处理后的绿茶饮料的茶多酚、氨基酸含量和色泽均未发生明显变化。

白亚乡,胡玉才^[16]等人曾用高压脉冲电场对其脱脂乳中的大肠杆菌进行灭菌,结果发现,场强低于20kV/cm时,杀菌效果不明显,场强越大,杀菌时间越长即脉冲数越多,杀菌效果越好。

4.2 提高出汁率

Knorr用场强50kV/cm的高压脉冲电场作用于碎胡萝卜,然后在室温下以10MPa压力来榨取5min,得到精处理样(粒度115mm)的果汁产量为7611%(未经高压脉冲电场作用的处理样收率为5113%),粗处理样(粒度5mm)的收率为7013%(未经高压脉冲电场作用的处理样收率为3010%)。

Tethapak公司发现电脉冲处理后的苹果碎块榨汁率由67%提高至73%。

4.3 钝化酶

钟葵等(2005)研究脉冲电场对果胶酯酶的活性及构象的影响,结果表明PEF可以钝化PE的活性。随脉冲电场电场强度的增强(5~25kV/cm)和脉冲数的增加(207~1449个)PE酶活钝化效果增强;在PEF处理后立刻测定发现25kV/cm,1449个脉冲时,PE酶活性最高降低了65.3%^[17]。

廖小军等(2003)研究高压脉冲电场对橙汁大肠杆菌和理化性质的影响效果,结果表明高压脉冲处理对橙汁中POD有钝化效果,酶活下降了60%。而且随脉冲时间的延长,酶活钝化的效果更明显^[18]。

钟葵^[19]等人研究了高压脉冲电场对辣根过氧化物酶(HRP)的活性的影响,其结果显示:HRP的活性随电场强度的增强和脉冲处理数的增加而降低。在25kV/cm、207个脉冲和22kV/cm、1214个脉冲的时候,HRP的活性分别降低了14.3%和33.2%。处理后的酶液在4℃下贮藏24h和48h后,HRP的

活性呈缓慢下降。

4.4 脱水

Tedjo et al研究芒果脱水过程中水和固形物的扩散特性,并比较了PEF、高静压、二氧化碳超临界法等对芒果脱水率及化学、物理性质的影响。Ade-Omowaye et al研究比较了PEF、冷冻、对流空气对红辣椒渗透脱水的影响,与冷冻方法相比PEF处理基本不改变植物细胞基体结构,而且维生素C的损失最小。

5 展望

高压脉冲电场杀菌技术具有杀菌时间短、温升低、食品风味和营养素保存好等优点。适合于所有能够流动的含和不含固体颗粒的液体和半固体食品的杀菌,与其它非热杀菌技术相比,其突出优点是特别适合大规模工业化和连续化生产,建立连续杀菌和无菌灌装生产线,而且投资和运行费用相对较低。但是也存在一定的问题,如高压脉冲电场在粘性食品及含固体颗粒食品中杀菌的应用还有待于进一步的研究,操作条件还有待于进一步的优化。脉冲电场难以使酶完全失活,须结合其他技术才能提高对微生物的杀灭效果和对酶的抑制效果。总的来说高压脉冲电场杀菌技术以更新鲜、更天然、更营养、更安全,同时也更方便的优势,占据着当今食品发展的潮流,因此该技术具有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 吴岗,郑成,宁正祥.高压脉冲电场灭菌机理[J].食品科学,1998,19(4):7~9.
- [2] 吴继军,肖更生,陈卫东,等.高压脉冲电场在桑果汁杀菌中的应用[J].农产品加工.学刊,2005,50(12):41~43.
- [3] 周万龙.脉冲强光杀菌对食品成分影响及保鲜研究[J].深圳大学学报,1997(4):81~84.
- [4] 刘铮,杨瑞金,赵伟.高压脉冲电场破壁法提取废啤酒酵母中的蛋白质与核酸[J].食品工业科技,2007,28(3):85~88.
- [5] 谢超,刘莺.食品冷杀菌方法及运用前景[J].食品科技,2003(2):22~24.
- [6] 刘伟,梁瑞红,刘成梅,等.脉冲电磁场杀菌的作用机理及其应用[J].粮食与食品工业,2005,(下转第40页)

修改并再次进行验证,直到达到标准。

3.4 体系的应用(火腿生产)

首先,建立了基础设施和维护方案—良好操作规程(GMP)、操作性前提方案(PRPs)(卫生标准操作程序SSOP),为生产的进行提供了基础保障。

其次,根据以上的分析确立影响火腿生产的关键因素,源头(原料肉、辅料、包装材料安全)、热加工过程即熟化过程、金属检测过程。

最后,找到关键的控制点及控制措施和纠偏措施。原料肉选购合格供方的产品,有批次检疫合格证,辅料也选择的是合格供方的产品,并严格按照验收标准进行验收入库,不合格的产品禁止入库,在使用过程中严格按照GB2760进行,特别是亚硝酸钠采用专人称量并复检的管理办法。热加工的操作限值是中心温度71℃以上,连续30分钟以上,采用电脑连续监控,并每隔10分钟进行人工监控记录温度,发现偏离立即纠正,如果低于71℃,采用延长时间的纠正措施。金属检测实行的过金属探测仪,发现不合格的产品隔离存放,并报告品管部门,进行分析,查找原因,采取纠正措施,防止问

题的再次发生。

4 总结

ISO22000食品安全管理体系是一个预防性体系,从其设计到实施都充分考虑到可能出现的问题,在文件制定前就充分考虑到产品的潜在危害,并有针对性的有了一定的预防措施。同时,该标准强调食品链上各环节的沟通,这样也可以起到预防问题发生的作用。该标准还强调持续改进及验证,即标准是为企业服务的,当标准不符合时,即考虑更改体系的部分内容并进行验证。

参考文献

- [1] [日]田野庆之.肉制品加工手册[M].北京:中国轻工业出版社,1993.
- [2] CAC/RCP 1-1969 (Rev.4-2003),推荐的国际操作规范—食品卫生通则。
- [3] 食品安全管理体系—ISO22000:2005应用指南。
- [4] ISO14159:2002 设备安全,设备设计的卫生要求。
- [5] 50(12):15~18.
- [6] 2002,65(10):1623~1627.
- [7] 王维琴,王剑平,高压脉冲电场在食品灭菌方面的应用[J].农机化研究,2004(1):205~208.
- [8] 陈小斌,方旭波.杀菌技术在食品加工中的应用进展[J].浙江海洋学院学报,2002,21(1):62~65.
- [9] Akdemir G Evrendilek.Microbial safety and shelf-life of apple juice and cider processed by bench and pilot scale PEF systems [J].Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2000(1):77~86.
- [10] Min S,Jin Z T,Zhang Q H.Commercial scale pulsed electric field processing of tomato juice[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2003,51:3338~3344.
- [11] Ayhan Z,Yeom H W,et al.Flavor,color,and Vitamin C retention of pulsed electric field processed orange juice in different packaging material[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2001,49(2):669~674.
- [12] Ayhan Z,Zhang Q H,Min D B.Effects of pulsed electric field processing and storage on the quality and stability of single-strength orange juice[J].Journal of Food Protection,2002,65(10):1623~1627.
- [13] Gongora-Nieto M M,Pedrow PD,et al.Energy analysis of liquid whole egg pasteurized by pulsed electric fields[J].Journal of Food Engineering,2003,57:209~216.
- [14] 葛松华.高压脉冲电场技术在液体食品杀菌中的应用[J].物理与工程,2005(1):34~36.
- [15] 王莱、杨瑞金.高压脉冲电场对绿茶饮料杀菌的研究[J].饮料研究,2005,11(31):133~136.
- [16] 白亚乡,胡玉才.物理技术在食品贮藏与果蔬保鲜中的应用[J].物理,2003,32(3):171.
- [17] 钟葵,等.脉冲电场对果胶酯酶的活性及构象的影响[J].农业工程学报,2005,(2):149~152.
- [18] 廖小军等.高压脉冲电场对橙汁大肠杆菌和理化性质的影响效果[J].食品科学,2003(6):59~61.
- [19] 钟葵,孙志健,廖小军,等.高压脉冲电场对辣根过氧化物酶活性及构象的影响效果.中国食品学报,2005(1):31~36.
- [20] 徐学基,诸定昌.气体放电物理学,上海:复旦大学出版社,1996.8.