

物理技术在食品贮藏与果蔬保鲜中的应用*

白亚乡[†] 胡玉才 徐建萍

(大连水产学院基础部 大连 116023)

摘要 将物理技术应用于食品果蔬的杀菌保鲜,为食品贮藏与保鲜工作开辟了一条新的途径,大量实验表明应用辐射场、静电场、高压脉冲电场、微波等物理技术处理食品果蔬可在不破坏食品的营养结构与原有风味的基础上起到杀虫、灭菌、防腐保鲜的作用.文章综述了近年来物理技术在食品杀菌与保鲜方面取得的研究与应用成果,并对其未来的发展方向作了初步展望.

关键词 物理技术,食品,果蔬保鲜,杀菌

APPLICATION OF PHYSICS TECHNOLOGY IN THE PRESERVATION OF FOOD AND FRESH FRUITS AND VEGETABLES

BAI Ya-Xiang[†] HU Yu-Cai XU Jian-Ping

(Department of General Studies, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract Physics provides a new way for food storage and preservation. Experiments show that application of radiation, electrostatic fields, high voltage pulsed electric fields and microwaves to food, fruits and vegetables plays the part of insecticide, pasteurization and antisepsis without damaging nutritional structure and original flavor. Recent advances in the application of physics technology in food pasteurization and preservation are summarized, and prospects for future developments presented.

Keywords physics technology, food, fruit and vegetable preservation, pasteurization

1 引言

随着人们生活水平的提高,消费者对食品的质量与安全性的要求也越来越高,今天的消费者不仅要求食品新鲜安全,而且要求食品保持原有的天然风味和营养结构,而传统的化学保鲜方法已越来越不能满足上述要求.为了解决这一问题,很多新兴的食品保鲜技术便应运而生了.随着现代科技的发展,物理技术已被越来越多的应用于食品贮存与保鲜^[1,2],应用高温杀菌与低温抑菌技术贮存保鲜食品已有几百年的历史,而应用电离辐射、静电场、磁场、高压脉冲电场及微波等物理技术进行食品杀菌与保鲜却仅有数十年或十几年的历史.它们大多数应用还处在摸索的阶段,尚未达到大规模推广的地

步,并且在机理方面的研究还不充分,尚待进一步完善.本文主要介绍近年来电、磁、微波、辐射和超高压技术在食品贮藏与果蔬保鲜中的某些应用.由于物理技术较之传统的化学技术在食品贮藏与果蔬保鲜中的应用,在达到同样的技术效果情况下,有成本低、省时、省工,处理条件易于控制,受外界环境影响小,特别是没有化学污染及不破坏食品营养结构和自然风味等诸多优点,所以物理技术在食品贮藏与果蔬保鲜中的应用应该引起物理学工作者及食品保鲜工作者的高度重视和关心.

2 电离辐射技术的应用

利用电离辐射保藏食品是一种发展很快的新技

* 2002-08-05 收到初稿,2002-10-08 修回

† 通讯联系人. E-mail: byx0671@163.com

术,经过辐射处理可以延缓果实成熟,并具有杀虫、杀菌、消毒及防腐作用,既不破坏外形,又能保持食品原有色、香、味及营养成分,并在常温下保存期长,且节约能源,更没有化学药剂的残留.大量实验证明,采用小剂量照射谷物、果实、种子、蔬菜、鲜肉等食品,可以杀死寄生在其中的各种害虫及细菌^[3].例如,采用0.8kGy的 γ 射线照射储藏的粮食,可以杀灭对粮食危害最大的四大害虫(赤拟谷盗、米象、小扁甲虫及锯谷盗);而采用0.15—0.30kGy的 γ 射线照射果品及蔬菜害虫,可使害虫彻底死亡而对果品蔬菜无任何影响^[4].目前,世界上已有30多个国家批准了500多种辐照食品在市场上销售.自20世纪80年代以来,我国辐照加工技术得到迅速发展,已有20多个省、市、自治区开展了辐照粮食、水果、蔬菜、肉类和酒类等研究.到目前为止,我国⁶⁰Co源总活度已达到 $6.76 \times 10^{13} \text{Bq}$ ^[5],在食品辐射贮藏上先后通过技术鉴定的农副产品有大米、马铃薯、大蒜、洋葱(适宜剂量为0.05—0.15kGy)、香肠、猪肉、烧鸡(2—8kGy)、苹果(0.5—1.5kGy)、酱油(5—10kGy)、生姜、人参及蜂制品等20余种,而且至少有7种物品已获得卫生部的认可.当然,应用该技术也存在一些缺点,例如辐照剂量过大可能会加速食品的衰老,过小又起不到灭菌保鲜的效果.

最近,一种新型食品加工辐照技术——软电子束辐照技术正在被越来越多的人所认识.该技术是采用低于0.3MeV的低能电子束照射食品,进而达到杀菌保鲜的目的.与普通射线相比,该电子束射线穿透深度小,一般在50—100 μm ,它不仅可使被处理的食品表面为无菌状态,而且它不会深入食品内部而影响食品的质量,同时它的安全性极好,便于推广应用.有研究表明应用该技术处理黑米、小麦、黑胡椒、白胡椒、罗勒等食品,杀菌效果明显,可大大延长食品的贮存时间^[6].

3 微波技术的应用

微波是指频率在300MHz—30GHz之间的电磁波.应用微波对食品进行保鲜杀菌最早起于20世纪60年代,当时由于基础研究不到位,设备工艺不过关,特别是无法解决微波加热时“加热点”不均匀的问题,使微波食品保鲜技术未能进一步推广.到80年代末经过工艺上的不断优化,使得这些问题相继得以解决,微波杀菌保鲜技术又成为人们关注的焦点.微波保鲜技术主要是利用其热效应和非热效应

使食品中的微生物体内的蛋白质和生理活性物质发生变异或破坏,从而导致生物体生长发育异常,直至死亡.目前,国内外应用微波进行食品保鲜的研究已取得了很大进展,并已大规模地应用于食品工业生产中.例如,瑞典、德国和丹麦均使用微波对切片面包杀菌防霉保鲜的工业化生产,其保鲜期由原来的3—4天延长到30—40天.荷兰一食品公司对盒装茄汁鱼块、牛肉等8个品种食品作微波杀菌保鲜处理,储于冷藏柜中,保存42天以上仍风味不变^[7].该生产线加工量为1500kg/h.在我国,吴晖等人利用微波处理豆腐3.5min,在25℃下可保鲜三天,而对对照组仅保鲜0.5天^[8].王盛良等人将应用微波处理后的月饼放于28℃的恒温箱中,可使其在40天后完好如初,而未处理组仅12天即全部霉变^[9].另据报道,利用微波处理水产品 and 牛奶可使其保鲜期延长几十倍,而且色香味和营养成分都比一般热力杀菌食品好^[8].目前,已被应用于食品工业中比较先进的微波处理系统主要是由微波发生器、波导管连接器及处理室等三部分构成,它能够以食品内极微小的温度差异,对连续流动的食品进行快速的杀菌处理.当然,目前的微波保鲜技术也还存在一些不足,例如它对某些肉食品保鲜效果不明显,对某些食品的营养成分也有一些影响.

4 高压脉冲电场技术

自从Sale和Hamilton(1967年)发现高压脉冲电场有杀菌作用以来,许多学者便开始了将这一技术应用于食品储藏与保鲜过程中的探索^[10,11].如今,该项技术已取得了很大的研究成果,并有可能成为当今最有前途的食品加工与保鲜方法之一.高压脉冲保鲜技术与一般加热杀菌保鲜技术有着本质区别,它主要是利用强电场脉冲的介电阻断原理,对微生物产生抑制作用,它可克服加热引起的蛋白质变性和维生素破坏.它主要用于液态食品的杀菌保鲜,基本操作为将液体食品送入装有相互平行的两个脉冲管间,触点接通后电容器通过一对碳极放电,当液体食品(如牛奶、果汁等)流经高压脉冲电场时,它可有效地杀灭其中的微生物,而食品本身的温度无明显变化($<10^\circ\text{C}$),因而最大限度地保证了食品中原有的营养成分不被破坏.国内外很多学者的研究都证明高压脉冲电场对食品中的酵母、各类格兰氏阴性菌、格兰氏阳性菌、细菌孢子等菌类有明显的抑制作用.抑菌效果可达到4—6个对数周期^[12].同

时,该项技术处理时间也非常短,一般在几微秒到几毫秒,最长不超过1s,并且处理后食品的感官质量及理化指标(总酸、总糖、维生素C)与对照组无明显差别.有实验证明经高压脉冲电场加工的橘汁中气味物质损失率为3%,而采用加热方法加工后损失率为22%^[13].另有实验证明经高压脉冲电场处理后的香蕉汁中所含的五种典型香味成分及维生素C含量均优于热处理组.当然,该技术目前还存在一些缺点,如处理装置造价较高,处理效果易受食品的电阻、温度、粘度、pH值等条件的影响,还需要今后进一步深入研究,以使该技术早日大规模地应用于食品工业.

5 静电技术的应用

近年来,静电技术已被越来越多地应用于食品储藏与果蔬保鲜.很多实验都证明应用静电场处理食品与果蔬,不仅能起到对其消毒灭菌的作用,而且可保持其原色泽、原品味和不降低其维生素C及氨基酸等的含量.例如,山西农业大学采用80kV/m的高压静电场处理红星苹果1min,然后储藏3个月(0℃,湿度90%),其硬度、可溶性固型物含量分别比对照组提高10%和1.8%,呼吸强度降低约20%^[14];另有研究证明经静电场处理后再储藏的鸭梨、西瓜、桃和黄瓜在一定时间内其腐烂率均比对照组低,延长了其保鲜期.对于静电保鲜的机理现在还不很清楚,一些学者认为静电场是通过改变果蔬细胞膜的跨膜电位,进而影响其生理代谢,使之能存放更久.也有一些学者认为静电场是通过对果蔬内部呼吸系统的电子传递体的影响而减缓了生物体内的氧化还原反应,来达到保鲜目的的.还有一些学者认为静电场是通过使果蔬内部水发生共鸣现象,引起水结构及水与酶的结合状态发生变化,最终导致酶的失活而达到保鲜目的的^[15].另外,利用高压负静电场还可使空气电离产生空气负氧离子和一定程度的臭氧,空气负氧离子可使果蔬进行代谢的酶钝化,从而降低果蔬的呼吸强度,减弱果蔬催熟剂乙烯的生成;同时,臭氧经分解可放出新生态原子氧,因此具有极强的消毒杀菌作用,能杀死残留于果蔬表皮及储藏空间的细菌和霉菌,减少果蔬的霉烂率,臭氧还可以抑制并延缓果蔬内有机物的水解,从而延长果蔬贮藏期^[16].内蒙古大学应用静电产生臭氧处理河套密瓜进行保鲜实验,处理后可使密瓜腐烂率下降94%,效果十分明显.静电处理装置大都采用直

流高压发生器输出高电压,再将其加在具有一定间距的两平行铝板上,形成一定强度的电场.因此,目前的静电保鲜技术只能用于小批量的食品保鲜处理.

6 超高压技术的应用

自20世纪90年代末,一种新的食品加工技术——超高压技术已被越来越多地应用于食品加工保鲜业,应用超高压技术作用食品不仅可有效杀死食品内的各种微生物,而且能使在超高压环境中的淀粉成糊状,蛋白质成胶凝状,获得与加热处理不一样的食品风味.例如,将存放1年以上的陈米(20℃吸水润湿后)放在50—300MPa高压下处理10min,再按常规煮制,可使其硬度下降、粘度上升、平衡值提高到新米范围,同时光泽和香气也得到改善,具有新米的口味.超高压保鲜灭菌的机理是通过破坏食品内菌体蛋白中的非共价键,如氢键、二硫键和离子键等,使蛋白质的高级结构被破坏,基本物性发生改变,从而导致蛋白质的凝固及酶的失活.超高压还可造成菌体细胞膜破裂,使菌体内的化学组分产生外流等多种细胞损伤.以上这些因素综合作用的结果导致了食品内部的微生物死亡.高压杀菌保鲜的主要技术设备包括加压机和耐压容器,其加压方式主要有两种:一种是泵加压,即将液体食品原料泵入耐压容器中,随着液体的不断加入,容器内压力逐渐增大;二是活塞加压,即将待加工处理的食品原料置于高压容器中,推动活塞使高压容器容积变小,从而达到增压的目的.应用超高压技术进行食品加工与保鲜时间短、效果好、杀菌均匀,对某些高粘度热敏性食品进行杀菌处理时,食品中的维生素C的保存率可达95%以上^[17].据报道,经超高压技术作用后的土豆色拉、猪肉等食品,其中的芽孢菌被全部杀死.美国学者应用高压技术对天然果汁进行杀菌处理,也取得了满意的结果.总之,应用该技术对肉食、果蔬或果汁进行杀菌保鲜处理既不会破坏食品原有的成分结构和风味,又能有效地杀灭食品中的微生物而达到保鲜的目的.目前,超高压技术已被大规模地应用于食品工业中.

7 磁场技术的应用

大量实验证明低频磁场对微生物有很强的影响,它能促进或抑制微生物的生长、繁殖,于是一种新的食品保鲜技术——低频磁场保鲜技术便在最近

几年悄然诞生了. 低频磁场保鲜技术主要是利用它对微生物的抑制作用来实现保鲜的. 与传统的保鲜方法相比, 这种方法有很多的优点, 它不会损失食物的营养成分和改变其质量特性, 更不会污染食物, 避免了对人体产生不良影响, 同时也更加安全. 因为在强度不超过 2T 的交变磁场的作用下, 微生物在很大程度上就被杀死了. 例如, 海南师范学院的邢诒存等人采用频率为 416kHz、强度为 40T 的磁场处理酸奶、橘子汁, 经处理后, 其所含微生物几乎全被杀灭^[18]. 也有研究发现将食品放入一定强度的恒定磁场中也可对食品起到灭菌消毒的效果, 并对食品的营养成分与风味无任何影响. 据云南师范大学的刘剑虹等人报道, 采用一定强度的恒定磁场作用于番茄能明显地抑制其呼吸强度, 减少其水份的蒸发, 减缓其霉变过程^[19]. 另外, 一些经磁处理水浸泡过的水果蔬菜, 其贮存时间和保鲜效果也优于未浸泡组. 目前, 磁场保鲜技术尚处在实验研究阶段, 所用的实验装置也主要是将具有一定强度的永磁体或电磁铁平行放置, 利用其 N 极与 S 极之间所形成的磁场来处理食品, 因而还不能将该技术大规模地应用于食品工业生产中.

8 多种物理技术组合的应用

所谓多种物理技术组合的保鲜杀菌技术就是用两种或两种以上的物理技术相结合来对食品进行杀菌保鲜处理, 与其他单一物理保鲜技术相比它具有很多优点. 它可以克服单一物理技术对食品进行杀菌保鲜的局限性(或者不适用于所有食品, 或者不适用于所有细菌), 还可以提高物理场的杀菌保鲜效率. 例如, 采用高压脉冲电场 - 磁场联合作用处理食品, 能有效地杀灭果味饮料中的黑曲霉菌及酵母菌. 当对橘汁饮料、鲜粒橙饮料的杀菌强度达 $8.8 \times 10^3 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{s}$ (5s) 时, 饮料中的菌落总数均达到国际允许值, 杀菌率达 99% 以上, 并且饮料理化指标(总酸、总糖、维生素 C) 与对照组之间的差别在 5% 以内^[20], 远优于采用单一物理技术的处理效果. 再如, 采用超声波 - 激光联合杀菌技术不仅可扩大激光的作用范围, 又可通过两种能量的叠加, 产生更高的能量使细菌无处逃遁, 只要激光与超声剂量都掌握好, 便能取得 100% 杀菌效果. 目前, 该技术还处在初步探索阶段, 相信随着该研究领域的进一步深入, 物理组合技术必然会成为今后最有前途的食品加工与保鲜方法之一.

除以上介绍的几种物理方法外, 还有一些其他的物理方法, 如激光技术、等离子技术、光脉冲技术、感应电子技术及超声波技术等多种食品保鲜杀菌方法, 与传统的化学保鲜方法相比, 这些物理方法具有能充分保留食品的营养成分和原有风味, 而且具有杀菌彻底、处理时间短、不产生毒性物质及不污染环境等诸多优点.

9 展望

物理杀菌保鲜技术是一种崭新的杀菌保鲜技术, 它是在克服加热杀菌保鲜与化学杀菌保鲜的不足之处的基础上, 运用物理手段, 在低温或常温下达到杀菌保鲜目的的方法. 与传统保鲜技术相比, 物理技术大都能充分保留食品的营养成分和原有风味, 甚至产生某些令人喜爱的特殊风味, 而且效果明显, 处理时间短, 保鲜时间长. 因而, 物理技术在食品贮藏与果蔬保鲜方面的应用有着诱人的前景与潜力, 它将为解决食品贮藏与果蔬保鲜方面目前存在的问题提供重要启示, 提供新的机会与希望. 同时, 我们也应该认识到, 很多物理保鲜技术尚处于实验研究阶段, 对其中的杀菌保鲜原理尚不很清楚, 因而限制了它们的应用. 而其他物理保鲜技术也需作进一步研究, 以便更透彻地了解其杀菌保鲜机理和影响因素, 取得最佳的保鲜效果. 综上所述, 今后应着重研究 (1) 物理保鲜技术的作用机理、影响因素和适用条件等 (2) 进一步降低成本 (3) 不同的物理保鲜技术实现技术组合以取得最佳保鲜效果.

物理杀菌保鲜技术作为一种新兴的杀菌保鲜技术虽已取得了很多成果, 但还存在很多不足之处, 特别是在我国, 由于起步晚、研究队伍分散、研究设备落后及科研经费紧缺等诸多原因, 使大部分物理保鲜技术还处在实验室阶段. 因此, 今后首先应加大对这一研究领域的投入, 还要加强各研究队伍间的交流与合作, 力争早日将更多的研究成果应用到大规模的食品保鲜生产中去. 可以相信, 随着食品工业的发展, 物理保鲜技术必将发挥越来越大的作用, 人们将享受到品质更好、更安全、更新鲜的食品.

参 考 文 献

- [1] Qin B L, Usha R, Pathakamury *et al.* Food Technology, 1995, 55(12) 55
- [2] 赵武奇, 殷涌光, 王中东. 农业工程学报, 2001, 17(5): 139[Zhao W Q, Yin Y G, Wang Z D. Transaction of the CSAE 2001, 17(5): 139(in Chinese)]

- [3] 孙凡. 物理, 1992, 21(2):105[Sun F. Wuli(Physics), 1992, 21(2):105(in Chinese)]
- [4] Moy J H. Food Engineering and Process Application, 1986 (1) 623
- [5] 杭德生, 赖启基. 辐射研究与辐射工艺学报, 2000, 18(4) 312[Hang D S, Lai Q J. J. Radiat. Res. Radiat. Proces 2000, 18(4) 312(in Chinese)]
- [6] 李勇, 宋慧. 食品与机械, 1998(5) 35[Li Y, Song H. Food & Machinery, 1998(5) 35]
- [7] 王绍林. 物理, 1997, 26(4) :232[Wang S L. Wuli(Physics), 1997, 26(4) 232(in Chinese)]
- [8] 辛志宏, 马海乐, 樊明涛. 粮油加工与食品机械, 2000 (4) :30[Xin Z H, Ma H L, Fan M T. Grain and Oil Processing and Food Machinery 2000(4) 30(in Chinese)]
- [9] 王盛良. 食品科学, 1996(8) :31[Wang S L. Science of Food, 1996(8) 31(in Chinese)]
- [10] 陈键. 物理, 1997, 26(11) :688[Chen J. Wuli(Physics), 1997, 26(11) 688(in Chinese)]
- [11] Barsotti L, Chefel J C. Food Rev. Int. , 1999, 15(2) :181
- [12] 孙学兵, 方胜, 陆守道. 食品科学, 2001, 22(8) 85[Sun X B, Fang S, Lu S D. Science of Food, 2001, 22(8) :85(in Chinese)]
- [13] Mingyu Jia Q Zhang H. Food Chemistry, 1999, 65 :445
- [14] 程文林, 杨佩芳. 山西农业大学学报, 1992, 12(4) :301 [Cheng W L, Yang P F. Journal of Shanxi Agricultural University, 1992, 12(4) 301(in Chinese)]
- [15] 李里特, 方胜. 中国农业大学学报, 1996, 1(2) :62[Li L T, Fang S. Journal of Chinese Agricultural University, 1996, 1(2) 62(in Chinese)]
- [16] 梁运章. 物理, 1995, 24(1) :41[Liang Y Z. Wuli(Physics), 1995, 24(1) 41(in Chinese)]
- [17] 姚开, 李庆, 贾冬英等. 食品与发酵工业, 2001, 27(8) :53 [Yao K, Li Q, Jia D Y et al. Food and Fermentation Industries 2001, 27(8) 53(in Chinese)]
- [18] 邢诒存, 周一帆. 海南师范学院学报, 2001, 14(3) :36 [Xing Y C, Zhou Y F. Journal of Hainan Teachers College, 2001, 14(3) 36(in Chinese)]
- [19] 刘剑虹, 李景天, 李贵珍等. 云南师范大学学报, 1999, 19(6) :64[Liu J H, Li J T, Li G Z et al. Journal of Yunnan Normal University, 1999, 19(6) 64(in Chinese)]
- [20] 方胜, 李里特. 食品与机械, 1996(4) :5[Fang S, Li L T. Food & Machinery, 1996(4) 5(in Chinese)]

· 物理新闻与动态 ·

可行的混沌加密技术

近年来, 让传输的信息隐藏在一个混沌讯号中作为加密手段一直吸引着人们的注意, 但大多数的工作都是理论性的探讨, 或者是仅限于实验室的试验. 最近我国北京师范大学的胡岗教授和他的研究组已经能在局域网对讯号进行混沌加密. 他们利用双向声音传输在北京师范大学的计算机网络上进行了演示. 一台 750 MHz 的个人计算机就可以将信息转译成密码, 其速度与质量都达到了一般电话要求的速度与质量, 这一点可与标准的先进加密设备相比较. 当然现在并不存在完全不可破解的加密技术, 但胡岗教授认为, 他们的这项加密技术具有合理的保密性(保密性能达到是指入侵者在个人计算机上要用比宇宙生命还要长的时间才能解密) 和商业上的实用性.

(云中客摘自 Phys. Rev. E, December 2002)

离子 - 沟道蛋白质

位于德国慕尼黑的 Ludwig - Maximilians 大学的纳米科学中心(center for nanoscience, CeNS)的 Fertig N 教授及其同事们创造了一种新的“离子 - 沟道蛋白质”, 这种离子 - 沟道蛋白质起的作用是使细胞中的离子流能自由流入或流出, 这样一来, 就为在单分子水平上仔细观察细胞膜上离子流动的变化提供了可能性. 他们没有采用常规的对细胞进行电接触的工艺方法, 即用一个充满了玻璃微量滴管的电解层去冲击细胞膜, 而是将单个细胞放置在一个覆盖着大量毫米量级大小的孔洞的玻璃垫片上, 这些小孔是能使离子从下面冲出去的沟槽. 科学家们相信藉助于这种基于芯片技术的工艺能方便地开辟出一种对离子流动的生物工艺和纳米工艺的研究途径, 这将对了解细胞间是如何交换信息是非常重要的, 特别是能深入地了解出现在各种神经细胞、心脏血管细胞和生殖细胞间的信息交换过程.

(云中客摘自 Appl. Phys. Lett., 16 December 2002)