

物理方法处理果蔬技术的应用

马俊^{1,2}, 吴祖河², 唐劲天²

(1. 北京中医药大学 中药学院, 北京 100102; 2. 清华大学 工程物理系, 北京 100084)

摘要: 物理技术的发展为果蔬采后处理技术提供了新的思路和途径, 现从电场、磁场、超声波、光波、热、压力技术 6 个方面, 综述了近年来物理技术处理果蔬的研究与应用成果, 并对其发展做了初步展望。

关键词: 物理技术; 果蔬; 贮存

中图分类号: TS 255.36 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2013)16-0210-04

果蔬采后处理是指通过物理、化学、生物等方法, 对采后的果蔬进行清洗、修整、分级、预冷、包装等处理, 先进的果蔬处理技术能够给果蔬提供更多的经济效益和营养价值。当前应用较多的果蔬处理技术多为化学方法, 与之相比, 在达到同样效果的前提下, 物理技术不仅无化学残留, 而且还能保持果蔬的营养结构和原有风味, 特别是用于杀菌保鲜处理, 效果更佳。

1 电场处理技术

采用 2 块平行电极板产生的电场, 对极板间果蔬进行作用, 即电场处理果蔬技术。大规模操作时, 处理室相当于一个扩大的极板间。该技术应用的电场包括静电场、交变电场和脉冲电场, 脉冲电场中的高压脉冲电场被认为是最有发展前景的电场处理果蔬技术。

1.1 高压脉冲电场

将果蔬置于 2 块平板电极之间, 施加强度为 20~80 kV/cm 的高压电脉冲, 可达到杀菌保鲜、干燥、提高果汁出汁率的目的。

高压脉冲电场具有电崩解、电穿孔作用和臭氧效

第一作者简介: 马俊(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向为物理治疗肿瘤。E-mail: majun.ok@foxmail.com.

收稿日期: 2013-04-08

Status and Development Proposals on Kiwifruit and Sweet Cherry Industry in Wenchuan County

TU Mei-yan¹, JIANG Guo-liang¹, CHEN Hou-bin², XIE Hong-jiang¹, CHEN Dong¹, SUN Zuan-xian²

(1. Key Laboratory of Horticultural Crops Biology and Germplasm Enhancement in Southwest, Ministry of Agriculture, Institute of Horticulture, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066; 2. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

Abstract: The outstanding advantages of kiwifruit and sweet cherry industry including in climate and ecology, regional transportation, policy and funds in Wenchuan county were analyzed; the currently cultivated area, planting area, yield and production value of the two major industries were investigated. It pointed out that there existed some problems in production, such as kiwifruit canker, sweet cherry cracking, low cultivation technology, bad storage and preservation condition etc; according to the problems, the corresponding development proposals were put forward, including exploring industrial development model, promoting high standard orchards construction; optimizing industrial layout, building research alliances; strengthen technical training to improve the planting level; increase investment on refrigerator construction, improving post-harvest storage and preservation conditions; cultivating well-known brands and improving fruit market competition.

Key words: Wenchuan county; kiwifruit; sweet cherry; status; proposal

应^[1-2]。微生物细胞膜内外存在电位差,正常情况下,膜电位差很小。膜电位差会随着外加电场强度的增大而升高,当膜电位差达到临界崩解电位差时,细胞膜开始崩解,最终穿孔。细胞膜的崩解可逆,但如果细胞膜长时间处于高强度电场作用,电穿孔面积增多,细胞外液内流,体积膨胀,最终导致微生物死亡或细胞破裂^[1]。

电穿孔作用效果与电场强度有关,低强度处理可以杀菌保鲜;高强度处理造成植物细胞结构破坏^[3-4],提高果蔬出汁率^[5];高强度持续处理,果蔬细胞膜破坏、通透性增强,利于快速干燥,且不影响果蔬自然风味^[6-7],效果优于普通干燥处理,维生素 C 保存率可达 99.6%^[8]。

臭氧效应理论认为,电场作用下细胞内液体介质电解产生臭氧,低浓度的臭氧有杀菌作用。但该理论尚不完善,需要进一步研究。

1.2 电击

2010 年美国化学学会上曾公布了一项新发现^[9]。浸泡在盐水内的土豆经过 15 V 小电流电击 0.5 h,抗氧化剂活力增强 1.6 倍。干旱等自然条件会导致蔬菜产生更多的抗氧化剂,利用人为破坏胁迫蔬菜产生更多的抗氧化剂,可使家庭常见的食物更营养^[9]。

2 磁场处理技术

用于果蔬处理的磁场分为静止磁场和震荡磁场,有除菌作用。磁场杀菌原理有 2 种理论^[10]:微弱的震荡磁场可以使微生物体内蛋白酶与 Fe^{3+} 的结合键松弛,影响酶活力;静止磁场和震荡磁场均可以破坏蛋白酶与 Ca^{2+} 的结合(如钙调蛋白),影响酶作用。

Suzuki 等^[11]将果蔬放入经改造的冰箱,利用磁场作用时使细胞在震动状态中被冻结。与不加磁场相比,果蔬外观质量、含水量等保持较好,称为 CAS(Cell Alive System)冻结系统。

3 超声波技术

用于果蔬处理的超声波是指频率 $>20\,000\text{ Hz}$ 的声波,主要依靠超声波在水中的空化作用,强烈的高频振荡破坏细胞骨架,使酶钝化,达到清洗和杀菌的作用^[12]。超声波清洗果蔬,尤其是对性状不规则的果蔬(如草莓)具有明显优势;清洗过程不使用化学试剂,作用力温和,对果蔬表面损伤小^[13]。王海鸥等^[14]研制的超声波臭氧组合果蔬清洗机已获专利。邓晓等^[15]认为超声波的空化作用可去除果蔬表面农药,使之分解成环境可以接受的小分子物质。孙红杰等^[16]用超声波处理农药甲胺磷废水,发现甲胺磷去除率与处理时间、超声波功率、声强呈正相关。

超声波还可用于果蔬烹饪、腌制、干燥、提高出汁率等^[17]。由法国 REUS 公司研制的超声波果蔬汁加工系统已用于工业生产,最大处理量可达 $1\,000\text{ L}$ ^[18]。电击

可以使土豆抗氧化剂活力增强,应用相同的外力胁迫原理,对土豆进行 5 min 的超声波使其抗氧化剂活力增加了 1.5 倍^[9]。

4 光波处理技术

光波是指波长在 $300\sim3\,000\text{ nm}$ 之间的电磁波,根据光谱范围不同,用于果蔬处理的光波包括紫外线和光脉冲。采用不同波段和强度的光波照射采后果蔬表面,有杀菌、延长贮藏期的效果。

4.1 短波紫外照射

紫外线是电磁波谱中波长 $10\sim400\text{ nm}$ 辐射的总称,其中 $200\sim280\text{ nm}$ 波段称为短波紫外(UV-C),属于可杀菌波段范围。UV-C 能穿透细胞膜,引起微生物 DNA 损伤,遗传物质失活,微生物失去繁殖能力或死亡^[19]。不同果蔬的保鲜效果与照射强度有关,如花椰菜^[20] (10 kJ/m^2)、青椒^[21] (7.0 kJ/m^2)、桃子^[22] (2.4 kJ/m^2)、西红柿^[23] (3.7 kJ/m^2)等。FDA 于 2002 年批准短波紫外照射用于食品表面消毒。

Lagunas-Solar 等^[24]采用处理时间短、辐射强度高的紫外脉冲处理果蔬,证明其保鲜效果优于短波紫外处理,并获美国专利及 FDA 批准用于食品生产、加工及处理。

4.2 脉冲光

脉冲光灭菌技术是采用强烈白光闪照的方法进行灭菌,1996 年被 FDA 批准用于食品表面灭菌。脉冲光发生装置可以发出由紫外线至近红外区域组成的白光,光谱与太阳光十分相似,但强度比太阳光强数千倍,光脉冲宽 $<800\text{ }\mu\text{s}$ 。紫外线作用是脉冲光杀菌原理的一部分,其它机制未明,总的效果是微生物细胞膜破坏、蛋白质失活^[25]。1994 年, PurePulse Technologies 公司设计的 Lagunas-Solar and Pyne 脉冲光杀菌设备获得专利^[26]。

5 热处理技术

热处理技术是指采取适宜温度($30\sim50^\circ\text{C}$)对果蔬处理适宜时间,杀死或抑制病原菌的活动、降低酶的活性,从而提高贮藏保鲜效果的一种物理辅助保藏方法^[27]。处理方式包括热空气、热蒸汽、热水浸泡、远红外线、微波处理^[28]。其中微波和射频加热技术被 FDA 批准用于食品处理^[29-30]。

冷害是果蔬组织在其冻结点以上的不适低温所造成的生理伤害,采后热处理是降低冷害的方法之一,尤其对热带或亚热带水果有效^[31]。影响处理效果和果蔬外观品质的主要因素是时间和温度^[32];不同果蔬种类和成熟程度的不同,要求的处理条件也不同^[33]。

Khraisheh 等^[34]分别利用微波和热风对流干燥马铃薯片,研究发现,经过微波干燥的马铃薯片比热风对流干燥马铃薯片的维生素 C 含量高 2 倍。但其缺点是操

作时间过长、成本很高^[35]。

6 压力处理技术

压力处理技术就是将采后果蔬置于处理装置中,施加一定压力,达到杀菌或腌制等目的。根据应用压力的正负,压力处理果蔬技术分为高压处理和真空(减压)处理。压力处理果蔬效果受压力大小、加压时间、加压温度、加压方式、果蔬汁 pH 值及微生物种类等因素影响。

6.1 高压处理

2009 年, FDA 批准高压技术用于食品杀菌。该处理技术利用液体作为介质,在 0.001~1 200 s 的时间范围内,对食品施加 100~800 MPa 的压力^[36]。这一压力不仅会影响细胞的形态,还能使形成生物高分子立体架构的非共价键发生变化,使蛋白质凝固、淀粉变性、酶活力改变,细菌等微生物被杀死^[37],但该技术主要用于果酱和果汁加工^[38],不能处理完整的果蔬。高压技术的处理设备笨重、成本高,直接限制了其商业应用。Indrawati 等^[39]研究认为高压处理会影响果蔬水溶性维生素的含量。

6.2 真空(减压)处理

减压贮藏是集真空冷却、气调贮藏、低温保存和减压技术于一体的贮藏方法,分为减压冷却和低压贮藏 2 个阶段。减压冷却阶段,果蔬温度降低,与环境进行温度和湿度的交换;待果蔬与环境温度、湿度平衡时,进入低压贮藏阶段,果蔬呼吸强度下降,起到保鲜作用^[40-41]。

2011 年,惠尔浦公司设计的持续低压贮藏冰箱获得美国专利^[42],经过改进,该技术可在低压环境完成食品包装^[43],贮藏压力可实现面板式调节^[44]。2003 年,我国国家农产品保鲜工程技术研究中心研制的农产品微型减压贮藏保鲜自控装置获得专利^[45],应用该设备成本低,效果好,有效延长了冬枣、中华寿桃、青州蜜桃等贮藏期^[46]。

腌制是一种传统的保存蔬菜的方法,与常压腌制相比,真空腌制法的真空低氧低温环境,有利于减少食盐使用量、增强厌氧微生物的发酵作用、保护原料的色香味和营养组分^[47]。2001 年,一种新型真空腌制设备获得美国专利^[48],可根据所腌制食物的重量自动调节作用压力和时间。

7 结论与讨论

物理方法处理果蔬成本较低、处理条件易于控制,特别是没有化学污染,不破坏食品营养结构和自然风味,在果蔬保鲜和贮藏方面有着广阔的应用前景。另外,物理方法还可用于果蔬腌制、干燥、提高出汁率及营养成分等领域,为其它食品的处理技术提供了新的思路。

但是,很多物理处理技术尚处于试验研究阶段,亟

需明确其作用机制及影响因素。磁场处理、交变电场处理、高压处理和热处理技术,由于设备笨重且操作复杂、成本高,极大限制了其进一步发展。物理方法处理果蔬的技术种类较多,各有优势和缺点,建议把不同的物理技术结合使用,达到更好的处理效果和商业价值。

参考文献

- [1] 杜庆. 高压脉冲电场杀菌技术[J]. 肉类研究, 2007(12):48-51.
- [2] 卢家喧, 连宾. 高压脉冲电场杀菌机理及影响因素分析[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(24):7601-7603, 7606.
- [3] 宋艳波, 刘振宇, 郭玉明. 基于电镜观察及介质理论分析高压脉冲电场处理果蔬机理[J]. 核农学报, 2012, 26(1):91-94.
- [4] 刘振宇, 郭玉明. 高压矩形脉冲电场果蔬处理微观结构变形机理的研究[J]. 农产品加工学刊, 2009(10):22-25.
- [5] McDonald C J, Lloyd S W, Vitale M A, et al. Effects of pulsed electric fields on microorganisms in orange juice using electric field strengths of 30 and 50 kV/cm[J]. Ultrasonic's Sonochemistry, 2010(12):222.
- [6] 刘振宇, 郭玉明, 崔清亮. 高压矩形脉冲电场对果蔬干燥速率的影响[J]. 农机化研究, 2010(5):146-151.
- [7] 刘振宇, 郭玉明. 高压脉冲电场与处理果蔬脱水特性的影响[J]. 农机化研究, 2008(12):129-137.
- [8] 金仲辉, 毛炎麒, 严衍绿, 等. 物理学在促进农业发展中的作用[J]. 物理, 2002, 31(6):391-398.
- [9] 陈宗伦. “电击土豆”更营养更健康[N]. 青年参考, 2010-08-27.
- [10] Zhang H Q, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, et al. Use of oscillating magnetic fields in food preservation [J]. Nonthermal Processing Technologies for Food, 2010(12):222.
- [11] Suzuki T, Takeuchi Y, Masuda K, et al. Experimental investigation of effectiveness of magnetic field on food freezing process[C]. Transactions of the Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2011:371-386.
- [12] 庞斌, 胡志超. 超声技术在果蔬加工中的应用[J]. 农机化研究, 2012(4):218-221.
- [13] 杨书珍, 柳丽梅, 张丽华, 等. 草莓采后真菌病害控制研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2012, 31(1):127-132.
- [14] 王海鹏, 胡志超, 吴峰, 等. 超声波臭氧组合果蔬清洗机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2011, 42(7):165-170.
- [15] 邓晓, 李勤奋. 产后果蔬农药残留降解技术研究[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(18):34-37.
- [16] 孙红杰, 张志群. 超声降解甲胺磷农药废水[J]. 中国环境科学, 2002, 22(3):210-213.
- [17] Dolatowski Z J, Stadnik J, Stasiak D, et al. Applications of ultrasound in food technology[J]. Acta Sci Pol, Technol Aliment, 2007, 6(3):89-99.
- [18] Farid C, Zill-e-Huma, Muhammed K K. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction [J]. Ultrasonic's Sonochemistry, 2011(18):813-835.
- [19] 阎瑞香, 张娜, 关文强. 短波紫外线在果蔬采后保鲜中的应用研究进展[J]. 保鲜与加工, 2011(5):1-5.
- [20] Colsta L, Vicente A R, Civello P M. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets[J]. Postharvest Biol Technol, 2006, 39(2):204-210.
- [21] Ariel R V, Carlos P, Laura L. UV-C treatment reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper[J]. Postharvest Biol Technol, 2005, 35

- (1);69-78.
- [22] Gustavo G A, Chien Y W, George J B. UV-B irradiation reduces breakdown and chilling of peaches during cold storage[J]. J Sci Food Agric, 2004,84(5):415-422.
- [23] Mahara R, Arul J, Nadeau P. Effect of phytochemical treatment in the preservation of fresh tomato by delaying senescence[J]. Postharvest Biol Technol, 1999,15(1):13-23.
- [24] Lagunas-Solar M C. Method of controlling insects and mites with pulsed ultraviolet light[P]. US:5,607,711. 1997-03-04.
- [25] 张璇, 鲜瑶. 脉冲强光杀菌技术及其在果蔬上的应用[J]. 农产品质量与安全, 2011(3):44-48.
- [26] Elmnasser N, Guillou S, Leroi F, et al. Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: a review[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2007,53(7):813-821.
- [27] 郭时印, 谭兴和, 李清明, 等. 热处理技术在果蔬贮藏中的应用[J]. 河南科技大学学报(农学版), 2004,24(2):54-58.
- [28] 吕英忠, 梁志宏. 热处理在果蔬保鲜中的研究与应用[J]. 农产品加工创新版, 2010(11):63-65.
- [29] Zhang M, Tang J, Wang S, et al. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables[J]. Trends in Food Science and Technology, 2006,17(10):524-534.
- [30] Lu J, Vigneault C, Charles, et al. Heat treatment application to increase fruit and vegetable quality[J]. Stewart Postharvest Review, 2007(3):1-7.
- [31] 王利斌, 刘升, 冯双庆, 等. 采后热处理降低果蔬贮藏冷害研究进展[J]. 农产品加工学刊, 2011(4):38-42.
- [32] 赵宇瑛, 吴广宇. 采后热处理对果蔬贮藏的影响研究进展[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2010,7(2):83-86.
- [33] 李香玉, 张新华, 李富军, 等. 采后热处理影响果蔬贮藏品质机理的研究进展[J]. 北方园艺, 2011(5):204-208.
- [34] Khraisheh M A, McMinn W A, Magee T G. Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying[J]. Food Research International, 2004,37(5):497-503.
- [35] Vadivambal R, Jayas D S. Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials-a review[J]. Food Bioprocess Technol, 2010(3):161-171.
- [36] Balasubramaniam V M, Farkas D. High-pressure food processing [J]. Food Science and Technology International, 2008(14):413-418.
- [37] 李新建. 超高压技术在食品行业的应用[J]. 食品安全导刊, 2008(3):58-59.
- [38] 陈冬梅, 李铭, 林娟. 果蔬汁非热加工技术研究进展[J]. 农产品加工, 2011(6):91-95.
- [39] Indrawati O, Van der Plancken I, Van Loey A, et al. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems [J]. Trends in Food Science & Technology, 2008(19):300-308.
- [40] 蒋安宁. 浅议果蔬减压保鲜技术[J]. 现代园艺, 2011(9):57-62.
- [41] 谢启军, 林奇. 减压保鲜技术的研究进展[J]. 现代食品科技, 2006,22(3):294-296.
- [42] Jonh J V. Refrigerator with continuous vacuum insulation [P]. US:7930892B1, 2011-04-26.
- [43] Lee F. Food Preservation Packaging System[P]. US:7943189B2, 2011-05-17.
- [44] Biottl C. Device and method to produce a modified atmosphere for food preservation[P]. US:2011/0297241 A1, 2011-12-08.
- [45] 张平. 农产品微型减压储藏保鲜自控装置[P]. 中国:ZL01279629.9, 2003.
- [46] 佚名. 果蔬减压保鲜技术[J]. 技术与市场, 2010,17(5):118.
- [47] 段永涛, 张德翔. 真空浸渍工艺的研究与应用[J]. 真空, 2003(4):54-57.
- [48] Lesky J. Method and apparatus for food marinating [P]. US:6242025B1, 2001-06-05.

Application of Physical Technologies in Fruits and Vegetables Processing

MA Jun^{1,2}, WU Zu-he², TANG Jin-tian²

(1. Department of Traditional Chinese Medicine, Beijing University of Chinese Traditional Medicine, Beijing 100102; 2. Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: A new way for fruits and vegetables post-harvest processing was provided with the development of physical technologies. The recent researches and advances of the application of physical technologies in fruits and vegetables processing were summarized from electric field, magnetic field, ultrasonic wave, light wave, heating and pressure technologies, and the prospects for future development of it were presented.

Key words: physical technology; fruit and vegetable; storage