

鲜切果品保鲜技术及其生物学原理研究进展

潘 焯, 茅林春, 阙 斐, 方雪花

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310029)

摘 要: 鲜切加工过程使果实组织严重受伤, 造成生理紊乱, 切面变色, 组织变软和腐败微生物侵染, 因此, 鲜切果品的快速变质、货架寿命短是阻碍其商品化的最大障碍。本文针对鲜切果品的生理和生化变化特点, 总结出果品鲜切加工的关键生物技术, 目的是为鲜切果品产业化发展提供技术和理论依据。

关键词: 水果; 鲜切加工; 保鲜

中图分类号: TS255.3

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2005)06-0172-04

潘 焯, 茅林春, 阙 斐, 等. 鲜切果品保鲜技术及其生物学原理研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 172- 175

Pan Xin, Mao Linchun, Que Pei, et al. Research advance in preservation technologies and biological principles for fresh cut fruits[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(6): 172- 175 (in Chinese with English abstract)

0 前 言

鲜切果品是指新鲜水果经过清洗、修整、去皮、切分、包装处理后, 可以直接食用的水果制品。鲜切加工又称为低度加工, 有时也称为部分加工。由于其清洁、卫生、新鲜、方便而开始流行, 并有形成产业化的趋势。鲜切果蔬的商品化开始于 20 世纪 90 年代, 并在茼蒿、甘蓝、胡萝卜等蔬菜上首先运用^[1]。但在果品上却未广泛应用, 主要是果品鲜切加工会引起严重的生理紊乱, 导致货架寿命短。本文针对鲜切果品的生理和生化变化特点, 总结了果品鲜切加工的关键技术, 目的是为鲜切果品产业的发展提供技术参考和理论依据。

1 鲜切加工的保鲜工艺

1.1 冲洗和消毒

果品进行加工之前, 需进行冲洗和消毒。其工作流程一般先用水冲洗, 以去除污物和杀虫剂等可能引起果品污染的物质, 再用氯水(含 NaOCl 的清洁水)浸泡以控制果实表面微生物数量。一般果实所用的消毒水含氯浓度是 50~ 200 $\mu\text{L/L}$ ^[2], 而甜瓜浓度则需 50~ 1000 $\mu\text{L/L}$ ^[3]。氯水对生物的伤害作用小, 对果实生理几乎不产生影响^[4,5]。另外如果与钙离子(乳酸钙, 氯化钙等)结合使用效果更佳^[6]。最后用清水冲洗果实表面, 避免残留。

现在替换方法很多, 如辐射、紫外线等。但最有希望的替换品是过氧化氢。研究表明过氧化氢处理可使西瓜货架期比氯水处理延长 4~ 5 d, 并在两周内微生物都被控制在安全的范围内^[7]。过氧化氢残留在一定时间内可被水果中存在的过氧化氢酶降解, 也可通过冲洗去除。

1.2 切割

切割包括去皮、去核、切分等处理, 这些操作对鲜切

果品货架期长短具有极其重要的影响。因损伤胁迫会造成严重的生理紊乱, 呼吸强度增加, 有时还会刺激乙烯合成^[1]。

鲜切果品的损伤胁迫程度与果实的成熟度关系很大。成熟度高的果实对机械损伤敏感度也高^[4]。如成熟苹果切片在第一个星期中释放的乙烯量是未成熟苹果片的两倍^[8]。对于不同种和品种的水果, 其最适宜鲜切加工的生理阶段有一定的差异^[9]。切割方式对产品品质也有明显影响。用钝刀切割甜瓜的呼吸强度和乙烯生成量明显高于用锋利刀切割的甜瓜, 且风味和电解质损耗也更大^[10]。细胞膨压可激发组织对鲜切加工的愈伤反应, 当细胞膨压为 0.29 MPa 时即激发细胞愈伤反应^[11]。不同切割厚度对鲜切品生理影响亦有差异, 如切片厚度为 1 cm 的香蕉呼吸强度和乙烯生成量比其它厚度都低^[12]。

1-甲基环丙烯(1-MCP)对果品保鲜有很好的效果, 1-MCP 对于“Delicious”苹果鲜切前或鲜切后处理都是非常有效的。其原理是通过干扰乙烯的信号传导而起作用。乙烯欲发挥其生理功能必先与细胞膜结合, 1-MCP 与乙烯化学结构相似可干扰乙烯与受体的结合, 进而干扰由乙烯所诱导的果实成熟和呼吸跃变。目前 1-MCP 主要应用于苹果, 且 1-MCP 并不对所有品种的苹果都有效^[13]。

对于仁果类果实在切割中需注意, 切开果实后果核周围组织极易褐变^[1], 需将该部分组织去净。另一个值得注意的是鲜切果品的去皮, 去皮的鲜切猕猴桃在贮藏的前三天比未去皮的失重率增加 30%, 但未去皮的乙烯和 CO₂ 生成量则比去皮的高^[14]。

1.3 漂洗

切割后漂洗对减缓果实组织生理衰败, 防止果实软化和品质退化等都非常有效。漂洗有利于伤组织释放底物和酶。漂洗通常为 1~ 5 min^[15]。温度对漂洗效果影响较大^[1], 高温漂洗效果较好。但高温有利于提高多酚氧化酶(PPO)的酶活, 一般漂洗温度不高于 20^o。漂洗效果还取决于漂洗液的 pH 值, 因酸性具有抗菌特性, 所

收稿日期: 2004-08-17 修订日期: 2005-01-06

作者简介: 潘 焯(1978-), 男, 江苏南通人, 博士生, 主要从事食品鲜切加工方向的研究。杭州 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 310029



以一般用较低 pH 值。有时则需调高 pH 值以接近中性, 如使用半胱氨酸护色处理, 否则将使果实组织变为桃红色^[5]。

漂洗后要严格干燥, 避免腐败, 至少采用沥水法去除果实表面的水分, 也可用棉布或吹风排除产品表面的水分。

1.4 气调包装(MAP)

气调包装的基本原理是通过包装袋内外气体交换和袋内产品的呼吸作用被动地形成一个袋内的气调环境, 或用某一特殊的混合气体充入特定的包装袋, 其最终目标是在包装袋内形成一个理想的气体条件, 尽可能地减低产品的呼吸强度, 同时不对产品产生不良影响^[1]。

MAP 中适宜的低 O₂ 和高 CO₂ 可降低果品的呼吸强度和乙烯生物合成量, 阻碍和延缓酶的活性, 减轻生理紊乱, 减缓产品的品质败坏^[14]。但 CO₂ 含量过高或 O₂ 过低, 会导致无氧呼吸, 并产生不利的代谢反应和生理紊乱。过低的 O₂ 还会导致鲜切果品的发酵^[14]。另外 MAP 还衍生出平衡气调包装(EMA), 其原理是针对不同产品, 保持包装内气体的动态最适平衡, 并在菠菜、茼蒿、莴苣上应用^[16]。

适度真空包装(MVP)是另一种新兴的气调包装形式, 包装容器内的压力降至 40 kPa 左右^[17]。其 O₂ 分压低, 有助于抑制产品新陈代谢, 腐败微生物生长, 使产品品质保持稳定。

2 综合保鲜措施

2.1 控制微生物

果实原料的营养成分、理化特性、微生物数量在很大程度上影响鲜切产品的贮藏性。原料所带微生物主要是真菌, 其次是细菌。大多数果实含有较多的有机酸, 因而 pH 值较低。西瓜、番木瓜、鳄梨和大多数蔬菜的 pH 值较高^[9]。低 pH 值可控制微生物, 因而常用柠檬酸降低果实表面 pH 值^[18, 19]。另外许多天然物如苯酚、乙醛、有机酸以及从薄荷、香兰草、欧芹、柑橘果皮中提取的精油也具有抗菌作用^[5], 但强烈的气味影响其应用范围。

酸性电解水和臭氧水对微生物的控制也非常有效^[20]。适宜的 MAP 亦可抑制微生物生长, 如 MAP (4 kPa O₂ + 10 kPa CO₂), 并结合 5 °C 贮藏温度可减低甜瓜的细菌、酵母菌和霉菌的数量^[4], 并可使芒果货架期延长 1~2 d^[21]。另有研究表明 30 d 内无氧 MAP, 可有效控制苹果微生物数量, 并对糖和酸的影响较小^[22, 23]。

2.2 防止变色与软化

PPO 催化的酚类物质氧化是果实组织变色的主要原因, 褐变的程度受 PPO 活性和酚类含量的影响。果实中酚类含量受品种、成熟度和生长环境等多因素调控。选用适度成熟的果实, 结合抗褐变处理和 MAP 的鲜切梨在 4 °C 下可保鲜 14 d^[24]。另外一些果实如西瓜、甜瓜和柑桔的褐变主要是由过氧化物酶(POD)引起。POD 活性可以导致食物中包括氢供体的氧化还原反应^[25]。

果实品种间褐变差异很大, 如“Delicious”和

“Jonagold”苹果颜色的变化较慢, “Monroe”和“Braeburn”颜色变化较快^[26]。“Barlett”和“Anju”梨果颜色变化较小。品种和成熟度对于鲜切产品的变色都有重要的影响^[27]。

维生素 C(AA) 抗褐变效果较好, 且 AA 适用的浓度范围较广, 一般用浓度为 0.5%~4.0%^[1]。AA 抗褐变主要是它能够将 O- 苯醌还原成酚类。通过研究发现用 1% AA + 2% 柠檬酸的混合液处理苹果切块可以使苹果 PPO 活性抑制 90%~100%^[28]。另外还发现, 用 1% AA + 0.5% CaCl₂ 浸泡液处理, 在 3 个月贮藏期内 PPO 活性降低 31%~62%^[29]。除此之外柠檬酸和异抗坏血酸(IAA)还可分别抑制荸荠^[30]和“Cayena”菠萝的 PPO 酶活^[31]。

4-乙基间苯二酚(4-HR)和半胱氨酸等抗褐变效果也很好。研究表明 4-HR 结合异抗坏血酸钠对于梨具有很好的护色效果^[32]。虽然关于 4-HR 的作用机理还不太清楚, 但认为主要是其化学结构与酚类相似, 因此通过竞争结合以抑制 PPO 酶而达到抑制褐变的效果。进一步研究还发现 1% 乳酸钙 + 2% 抗坏血酸 + 0.5% 半胱氨酸并用 NaOH 调节 pH 值于 7.0 的混合液浸泡“Bartlett”梨可以显著抑制其在贮藏期间的软化与褐变^[5]。

另外用臭氧水处理芹菜, 不但可以杀菌, 还可以抑制 PPO 活性和呼吸强度^[33]。壳聚糖包被荸荠也可以有效控制 PPO 和 POD 活性^[34]。

适当降低 O₂ 和提高 CO₂ 含量也可延缓果皮表面的褐变, 低含量 O₂ 和高含量 CO₂ 的气体抑制褐变主要是影响果品生理活动, 这些生理活动包括减低呼吸强度, 延缓呼吸跃变及减少乙烯生成量和延缓果实的成熟^[35]。

果实的软化主要是由果胶酶和蛋白水解酶引起的, 其次是物理和化学的变化。切割加工会使果实硬度大幅度降低。破伤的细胞释放果胶酶和蛋白水解酶, 这些酶通过组织扩散的速度非常高^[36]。此外, 原果胶变为水溶性果胶, 细胞内多糖的降解, 细胞膨压的丧失, 纤维素结晶的减少, 细胞壁的变薄等, 都会引起果实的软化^[37, 38]。钙及其盐类可以用来防止多种果实软化, 一般用 0.1%~1.0% 的 CaCl₂ 处理, 也有用丙酸钙、乳酸钙、酒石酸钙来代替 CaCl₂^[5]。另外热处理也可防止软化, 如适度预处理(35~45 °C, 40~150 min)可使鲜切“Rocha”梨在 2 °C 贮藏 7 d 后无明显颜色和硬度的变化^[39]。

2.3 维持感官和营养品质

感官品质是判断鲜切产品货架期的主要标准。鲜切果品的颜色和光泽在加工以后会明显变劣。目前鲜切果品风味变化的研究很少, 对维生素、氨基酸、糖以及其它成分的研究也不多。研究猕猴桃切片在不同的气调环境下对抗坏血酸的影响, 发现在 0.5, 2, 4 kPa O₂ 条件下贮藏 12 d, 维生素 C 的减少分别为 7%、12%、18%^[14]。高 CO₂ 的环境则刺激抗坏血酸的氧化, 并抑制脱氢抗坏血酸还原成抗坏血酸^[1]。

酚类物质对于鲜切果品的品质有极大的影响,因为它不仅参与酶褐变反应,同时它也是营养成分。研究发现,在空气中和无氧气调中苹果切片的酚类含量并没有很大差异,维生素C可有效减少甜瓜中酚类的氧化^[40]。

贮藏的气体状况对于鲜切品中的糖分含量影响不大,但对于果品中有机酸含量影响较大。鲜切果品中有机酸主要是柠檬酸和苹果酸,在香瓜中它们的含量分别达到3.22和6.22 $\mu\text{mol}/(100\text{g})$ 鲜切品,在20 d贮藏5 d则分别降至2.7和0.48 $\mu\text{mol}/(100\text{g})$ 。但在冷藏条件下柠檬酸和苹果酸含量无明显变化。研究还发现鲜切西瓜贮藏中氨基酸变化与温度相关。在4 d下其氨基酸含量只有轻微变化,而在20 d只需2 d氨基酸则减少大约40%^[1]。

3 结 语

水果鲜切加工的主要目的是方便食用,主要问题是更易变质,关键技术是保鲜措施。要实现鲜切果品的商业化推广还需要进行保鲜技术的开发和生物学原理的研究。特别是MAP包装的气体组成、呼吸强度以及果品组织内部的气体变化等尚需进行系统的检测,便于采用适宜的包装方法。研制新型的保鲜包装材料或可食膜将为鲜切果品的保鲜提供重要途径^[1]。化学处理方法已被广泛应用且收效显著,但应该从自然资源中找到既有益于消费者健康又能更好保持鲜切产品质量的天然化合物。改进鲜切加工的工艺,防止营养流失也是今后重要的研究内容。

[参 考 文 献]

- [1] Robert C Soliva-Fortuny, Olga Martin-Belso. New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits: a review [J]. Food Science & Technology, 2003, 14: 341-353
- [2] Bhagwat A A, Saftner R A, Abbott J A. Evaluation of wash treatments for survival of foodborne pathogens and maintenance of quality characteristics of fresh-cut apple slices[J]. Food Microbiology, 2004, 21: 319-326
- [3] Bai J H, Saftner R A, Watada A, et al. Modified atmosphere maintains quality of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.) [J]. Journal of Food Science, 2001, 66: 1207-1211
- [4] Hilgren J D, Salverda J A. Antimicrobial efficacy of a peroxyacetic/octanoic acid mixture in fresh-cut-vegetable process waters[J]. Journal of Food Science, 2000, 65: 1376-1379
- [5] Gorny J R, Cifuentes R A, Hess-pierce B H, et al. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives [J]. Postharvest Biological Technology, 2002, 24: 247-278
- [6] Saftner R A, Bai J, Abbott J A, et al. Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 29: 257-269
- [7] Ukuku D O. Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated [J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 95: 137-146
- [8] Soliva-Fortuny R C, Om-sOliu G, Martin-Belso O. Effects of ripeness stages on the storage atmosphere, color, and textural properties of minimally processed apple slices[J]. Journal of Food Science, 2002, 67: 1958-1963
- [9] Brecht J K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables in lightly processed fruits and vegetables[J]. HortScience, 1995, 30: 18-22
- [10] Portela S I, Cantwell M I. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon [J]. Journal of Food Science, 2001, 66: 1265-1270
- [11] Rojas A M, Castro M A, Alzamora S M, et al. Turgor pressure effects on textural behaviour of honeydew melon [J]. Journal of Food Science, 2001, (21): 111-117
- [12] Abe K, Tanase M, Chachin K. Studies on physiological and chemical changes of fresh-cut bananas I. Deterioration in fresh-cut green tip bananas [J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1998, 67: 123-129
- [13] Watkins C B, Nock J F, Whitaker B D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions [J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 19: 17-32
- [14] Agar I T, Massantini R, Hess-pierce B, et al. CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices [J]. Journal of food science, 1999, 64: 433-440
- [15] Luna-Guzman I, Cantwell M, Barrett D M. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity [J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17: 201-213
- [16] Jacxsens L, Devlieghere F, Debevere J. Validation of a systematic approach to design equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut produce [J]. Lebensmittel-Wissenschaft-Technologie, 1999, 32: 425-432
- [17] 茅林春, 方雪花. 净菜加工关键工艺及其保鲜技术应用现状与发展趋势 [J]. 保鲜与加工, 2003, 3(4): 1-3
- [18] Pao S, Petrcek P D. Shelf life extension of peeled oranges by citric acid treatment [J]. Food Microbiology, 1997, 14: 21-30
- [19] Rocha A M C N., Brochado C M, Morais A M M B. Influence of chemical treatment on quality of cut apple [J]. Journal of Food Quality, 1998, 21: 13-28
- [20] Hua wang, Hao Feng, Uaguang Luo. Microbial reduction and storage quality of fresh-cut cilantro washed with acidic electrolyzed water and aqueous ozone [J]. Food Research International, 2004, 37: 949-956
- [21] Nithiya R, Yuen L, Tianxia W, et al. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere [J]. HortScience, 2001, 36: 1091-1095
- [22] Leepipattanawit R, Beaudry R M, Hernandez R J.

- Control of decay in modified atmosphere packages of sliced apples using 2-nonanone vapor[J]. *Journal of Food Science*, 1997, 62: 1043- 4057.
- [23] Robert C S, Pedro E M, Olga M B. Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2004, 5: 215- 224
- [24] Soliva-Fortuny R C, Biosa-Biosa M, Grigelmo-Miguel N, et al Browning, polyphenol oxidase activity and headspace gas composition during storage of minimally processed pears using modified atmosphere packaging [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2002, 82: 1490- 1496
- [25] Padiglia A, Cruciani E, Pazzaglia G, et al Purification and characterization of opuntia peroxidase [J]. *Phytochemistry*, 1995, 38: 137- 162
- [26] Judith A A, Robert A S, Kenneth C G Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji', 'Golden Delicious', 'GoldRush' and 'Granny Smith' apples[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2004, 33: 127- 140
- [27] Gorny J R, Cifuentes R A, Hess-Pierce B H, et al Quality changes in fresh-cut pears slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size and storage regime [J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65: 541- 544
- [28] Pizzocaro F, Torregiani D, Filardi G Inhibition of apple polyphenol oxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride [J]. *Journal of Food Processing Preservation*, 1993, 17: 21- 31.
- [29] Soliva-Fortuny R C, Grigelmo-Miguel N, Odrizola-Serrano L, et al Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2001, 49: 3685- 3690
- [30] Jiang Yueming, Pen Litao, Li Jianrong Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut [J]. *Journal of Food Engineering*, 2004, 63: 325- 328
- [31] Gonzalez-aguilar G A, Ruiz-Cruz S, Cruz-Valenzuela R, et al Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents [J]. *Lebens-Wiss u-Technol*, 2004, 37: 369- 376
- [32] Dong X, Wolstad R E, Sugar D. Extending shelf life of fresh-cut pears[J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65: 181- 186
- [33] Zhang Likui, Lu Zhaoxin, Yu Zhinfang, et al Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water[J]. *Food control*, 2005, 16: 279- 283
- [34] Pen L T, Jiang Y M. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut[J]. *Lebens. Wiss U. -Technol*, 2003, 36: 359- 364
- [35] Solomos T. Principles underlying modified atmosphere packaging[A]. In: Wiley R C (Ed), *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables* [C]. New York: Chapman and Hall, 1997, 183- 225
- [36] Varoquaux P, Wiley R C. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables [A]. In: Wiley R C (Ed), *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables* [C]. New York: Chapman and Hall, 1997: 226- 268
- [37] King A D, Bolin H R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables[J]. *Food Technology*, 1989, 43: 132- 135
- [38] Bolin H R, Huxsoll C C. Storage stability of minimally processed fruit[J]. *Food Processing*, 1989, 13: 281.
- [39] Abreu M, Beirao-da-Costa S, Goncalves E M, et al Use of mild heat pre-treatments for quality retention of fresh-cut 'Rocha' pear [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, (3): 163- 160
- [40] Lan ikanara O, Watson M A. Cantaloupe melon peroxidase: characterization and effects of food additives on activity[J]. *Nahrung*, 2000, 44: 168- 172

Research advance in preservation technologies and biological principles for fresh cut fruits

Pan Xin, Mao Linchun, Que Pei, Fang Xuehua

(College of Biosystem Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Fruit tissue is heavily damaged during fresh-cut processing, which induces a series of physiological disorders such as softening, browning and microbial infection. Rapid deterioration and short shelf-life are the major hurdle to the commercial marketing of fresh-cut fruit. This paper introduces physiological and biochemical characteristics and summarizes key biotechnologies for fresh-cut processed fruit to provide practical and theoretical basis for the development of fresh-cut fruit industry.

Key words: fruit; fresh-cut processing; preservation