

文章编号:1003-8701(2013)01-0092-05

# 鲜切果蔬的品质控制及其保鲜技术的研究进展

王 肽,谢 晶\*

(上海海洋大学食品学院,上海 201306)

**摘 要:**最近几十年鲜切果蔬的市场销售量快速增加,鲜切产业日益受到关注。本文阐述了鲜切果蔬加工后的品质变化以及影响鲜切果蔬的品质因素,包括温度、气体环境、相对湿度、微生物等,并且分析和比较了鲜切果蔬的保鲜技术,包括低温保鲜、气调保鲜、保鲜剂保鲜和冷杀菌技术等,最后对鲜切产业的发展前景提出了展望。

**关键词:**鲜切;品质控制;保鲜技术

**中图分类号:**TS255.3

**文献标识码:**A

## Progress of Studies on Quality Control and Preservation Technologies of Fresh-cut Fruits and Vegetables

WANG Tai, XIE Jing\*

*(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)*

**Abstract:** The market of fresh-cut fruit and vegetables has grown rapidly in recent decades and fresh-cut industry received increasing attention. In this paper, changes of quality of fresh-cut products after processed was discussed and factors affecting quality of fresh-cut products including temperature, atmosphere, relative humidity and microorganism were introduced. The preservation technologies of fresh-cut products including cold storage, modified atmosphere packaging, preservative preservation and cold sterilization techniques were also analyzed and compared in details. Finally, prospect of fresh-cut industry was put forward.

**Keywords:** Fresh-cut; Quality control; Preservation technologies

鲜切果蔬(Fresh-cuts fruits and vegetables),又叫半处理果蔬和轻(微)度加工果蔬(Minimally processed fruits and vegetables),只改变水果和蔬菜的物理形状,但仍然保留其新鲜状态的可食用果蔬产品<sup>[1]</sup>。鲜切果蔬相比于普通的果蔬产品在加工、保鲜技术上的要求更高。新鲜果蔬加工的工艺流程一般为,以新鲜的果蔬为原料,经分级、整理、

清洗、修整(去皮等)、切分、消毒、包装等工序处理后,冷藏运输到超市冷柜供消费者直接食用或者餐饮业使用<sup>[2]</sup>。

鲜切产品作为一种新兴食品工业化产品,最早源于美国20世纪50年代,刚开始主要是供应餐饮业,随后又进入零售业,60年代开始商业化生产。到了80年代后,欧洲和日本等国家的鲜切产业也得到了迅猛的发展<sup>[3]</sup>。我国的鲜切产业始于20世纪90年代。由于鲜切产品具有新鲜、方便、卫生、尤其是安全和可100%食用的特点,随着我国现代生活节奏加快和消费水平的提高,具有即食和即用特点的鲜切产品正日益受到消费者的关注和欢迎,特别是近几年全国各地果蔬配送中心的建立,为鲜切果蔬的发展创造了有利条件,销售量逐年增加。目前工业化生产鲜切果蔬的品种主要有叶用莴苣(生菜)、抱子甘蓝、圆葱、胡萝卜、芹

收稿日期:2012-05-30

项目基金:2011年上海市科委上海研发公共服务平台建设专项(11DZ2292800);2011年度上海市农业科技成果转化资金项目(113919N0700);上海市教育委员会重点学科建设项目(J50704)

作者简介:王 肽(1987-),男,硕士研究生,研究方向:食品贮藏保鲜。

通讯作者:谢 晶,女,教授,博士,博士生导师,  
E-mail: jxie@shou.edu.cn

菜、马铃薯、苹果片、菠萝片、瓜类等<sup>[1]</sup>。

## 1 鲜切果蔬加工后的品质变化

### 1.1 鲜切果蔬的生理生化变化

在果蔬加工过程中机械伤害会诱发其产生一系列生理生化反应,这些变化对鲜切果蔬的品质、鲜度和营养成分都将产生很大影响,包括组织变色,尤其是鲜切果蔬的切割表面组织细胞的破裂和随后的氧化过程导致的酶促褐变<sup>[4]</sup>、呼吸强度提高、乙烯的产生<sup>[5]</sup>、组织结构解体、不良异味产生、组织的软化等<sup>[6]</sup>,这些都加速了果蔬衰老进程。

### 1.2 加工后营养物质的损失

一方面,切割造成的机械损伤会促进果蔬的呼吸作用,组织自身的代谢加快,从而消耗大量的营养物质;另一方面,切割会破坏组织细胞,使果蔬汁液外溢,造成营养物质的损失<sup>[7]</sup>。如去皮后的马铃薯 VC 的损失高达 35%,甘蓝切分后 VC 损失为 7%<sup>[8]</sup>。此外,在贮藏过程中一些不良的环境条件,如不适宜的温度、光照强度、环境中 O<sub>2</sub> 的含量等都会造成鲜切果蔬中营养物质的丢失<sup>[3]</sup>。

### 1.3 鲜切果蔬对微生物的敏感性

由于切割会对新鲜果蔬的组织结构造成破坏,使得大量营养汁液外流,而且大部分的蔬菜属于低酸性食品,为微生物的繁殖提供了有利环境,造成鲜切果蔬产品很大的损失和浪费,而且会带来食用安全的隐患<sup>[3]</sup>。

## 2 影响鲜切果蔬品质的因素

### 2.1 切割工艺

切分大小是影响鲜切果蔬品质的重要因素之一,切分越细小,鲜切产品的比表面积越大,呼吸作用就越强,切割表面水分蒸腾作用也越快,贮存性越差。徐亚光等<sup>[9]</sup>将毛笋切分成大小不等的笋块,贮藏在 4℃ 下,研究发现体积小的笋块,失水率高于体积大的笋块,其品质的综合评分也低于后者,贮存性差。Rivera 等<sup>[10]</sup>以不同切割形状和不同贮藏温度对鲜切木瓜品质的影响进行了研究,发现分别贮藏在 5℃ 和 10℃ 的木瓜切片要比木瓜切块的货架期分别延长 2 d 和 1 d。此外,切割工具的锋利程度对于鲜切果蔬品质也有一定的影响。钝刀切割会造成切割面损伤,引起褐变等一系列不良的反应,降低产品的品质。Portela 等<sup>[11]</sup>证明用迟钝刀刃切割的甜瓜相比于用锋利刀刃切割的甜瓜,会引起酒精浓度的上升,产生不良风味,造成更多电解质的渗漏、更多乙烯产物的生成。以上

实验说明了切割后的物理损伤会极大地影响鲜切产品的品质<sup>[6]</sup>。

### 2.2 温度

温度被认为是控制鲜切果蔬品质的主要因素之一,切割后低温贮藏为的是最大化减少加工后带来的物理损伤<sup>[12]</sup>。低温可以显著降低产品的呼吸强度与酶的活性,降低各种生理生化反应速度,延缓衰老并抑制褐变,同时也可以抑制微生物的活动,所以鲜切果蔬的品质与低温环境密切相关。但当温度低到某一程度时会发生冷害,即出现代谢失调、产生异味及发生褐变,货架期反而缩短<sup>[13]</sup>。杨霞等<sup>[14]</sup>对不同贮藏温度(2、8、25℃)的鲜切莴笋进行了研究,发现鲜切莴笋在 2℃ 和 8℃ 低温下贮藏能有效地减少 VC 损失、抑制多酚氧化酶的活性和控制微生物的繁殖,贮藏 12 d 后仍然具有良好的感官指标,以 2℃ 低温贮藏的保鲜效果最佳。因此加工过程、加工场所的温度控制以及运输、贮藏、销售过程的冷链温度是保证鲜切果蔬品质的关键。

### 2.3 环境气体成分

正常空气中 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的体积分数分别为 20.9% 和 0.03%,其余为氮气等。适当降低环境中 O<sub>2</sub> 的浓度,并提高 CO<sub>2</sub> 的浓度,可以有效抑制果蔬的呼吸作用,降低呼吸强度,延缓新陈代谢速度,减少营养成分的消耗,从而有利于产品品质的保持,这是气调贮藏的保鲜机理。现在大部分鲜切产品贮藏和销售期间都是包装在自发性气调包(modified atmosphere packaging- MAP)中并结合低温贮藏和其他保鲜技术<sup>[6]</sup>。例如,对放在包装材料内的西兰花切片进行研究,气体成分为 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub>,浓度分别为 3% 和 9%,发现抗坏血酸和叶绿素的含量没有太大变化,而且过氧化物酶的活性降低了<sup>[15]</sup>。MAP 处理过的番茄切片相比于气体成分为空气的对照组表现出更好的外观和品质<sup>[16]</sup>。由于不同种类和品种的鲜切果蔬对气体成分的反应不尽相同,有不可预见性,所以在研究某种鲜切果蔬时要根据其 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的敏感程度具体分析研究。例如, O<sub>2</sub> 浓度为 0.5% 的气体成分可以有效抑制梨切片发生褐变,但是胡萝卜切段贮藏在 O<sub>2</sub> 浓度为 0.5% 和 2.0% 的条件下,7 d 后发现,乙醇和乙醛的含量相比于气体成分为空气的包装上升了<sup>[17]</sup>。

### 2.4 相对湿度

虽然现阶段关于相对湿度对于鲜切产品品质的影响的报道不是很多,但这种影响确实存在。鲜切果蔬的切割表面积很大,而且没有保护的表皮

细胞,很容易导致产品失重率的增加,影响品质。可食性膜或者薄膜包装可以有效地使相对湿度接近 100%<sup>[18]</sup>。但是湿度也不易过大,这样会引起包装袋内结水,为微生物的生长繁殖提供了有利的环境。因此在选择包装材料时要考虑到薄膜的厚度和透气性以及贮藏的温度等诸多因素<sup>[3]</sup>。

## 2.5 微生物

鲜切产品中有许多种微生物,目前研究已发现的微生物有嗜中温细菌、乳酸菌、大肠杆菌、酵母菌、霉菌等<sup>[19]</sup>。增加鲜切果蔬受到微生物污染的可能性主要包括:高湿及较大的切割表面、加工过程中不能确保无菌的影响、植物组织活跃的新陈代谢、产品在气调包装中的封闭性。微生物会使产品腐败,缩短产品的货架期;甚至引起食源性疾病,带来食品安全的风险,从而影响鲜切产品的商业价值<sup>[20]</sup>。因此果蔬在加工前应进行仔细的清洗,这样做不仅能去除污垢,最重要的是可以去除大量的微生物;为了增强清洗效果,可以在水中加入次氯酸钠、柠檬酸以及超声波处理等措施。一些研究报道,去皮或切分后,立刻用质量浓度为 100~200 mg/L 的柠檬酸处理,可以减少微生物污染,有效的延长货架期<sup>[21]</sup>。

# 3 鲜切果蔬的保鲜技术

## 3.1 低温保鲜

低温保鲜是利用低温以抑制果蔬组织的呼吸作用,降低酶的活性,从而降低各种生理生化反应速度,延缓果蔬的衰老并抑制褐变,同时可以抑制微生物的活动,延长产品的货架期。但是低温的程度要控制好,否则温度过低会发生冷害,即出现代谢失调、产生异味及褐变加重等症状,使货架期反而缩短<sup>[13]</sup>。Sonia 等人<sup>[22]</sup>发现 MAP 的鲜切芹菜冷藏于 0℃,21 d 后仍能保持其原有的抗氧化能力。Shigenobu 等<sup>[23]</sup>研究了加工后的鲜切生菜至超市过程中沙门氏菌、大肠杆菌、单增李斯特菌在生菜上的生长状况,结果表明在 5℃ 下生菜加工、运输到销售的过程可以有效地抑制微生物生长,但是值得注意的是即使在低温冷藏中,嗜冷菌——单增李斯特菌仍然能继续繁殖。温度是影响鲜切果蔬品质的最重要的一个因素,因此在鲜切果蔬的流通环节中,都应该尽量使其保持在一个低温环境中,建立一条从产地到销售点的冷链。

## 3.2 气调保鲜

自发性气调包装(MAP)作为一种保鲜技术早已经应用到鲜切工业中,其原理是通过使用适宜的

透气性材料被动产生一个调节气体环境,或者采用特定的气体混合物并结合透气性材料主动地产生一个调节气体环境。目的是在包装过程中建立一个最佳的气体平衡,使得产品的呼吸强度维持在最低水平<sup>[3]</sup>。研究发现低浓度 O<sub>2</sub> 和高浓度 CO<sub>2</sub> 可以降低产品的呼吸速率,抑制衰老,延长鲜切产品的货架期<sup>[24]</sup>。例如,将贮藏于 5℃ 下的鲜切罗马甜瓜,分别放到气体成分为空气、气体成分 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> (4kPa O<sub>2</sub>+10kPa CO<sub>2</sub>) 的包装材料中进行研究,9 d 后发现,两种贮藏条件都使得甜瓜保持了较好的品质,但是后者在色泽、呼吸速率、微生物菌群等指标上更加优于前者<sup>[25]</sup>。但值得注意的是 O<sub>2</sub> 浓度过低会引起植物组织的无氧呼吸,产生乙醛和其他不良风味化合物<sup>[26]</sup>。总体而言,一般相比于未加工过的产品,鲜切果蔬对高浓度的 CO<sub>2</sub> 具有更强的耐受力<sup>[27]</sup>。如生菜对于 CO<sub>2</sub> 的耐受很低,但是鲜切生菜能耐受的 CO<sub>2</sub> 的浓度为 10%~15%<sup>[28]</sup>。

## 3.3 冷杀菌保鲜

### 3.3.1 电离辐射保鲜

电离辐射可以干扰果蔬的基础代谢,延缓衰老,还可以杀虫灭菌,减少微生物引起的果实腐烂。目前世界上的辐射源主要有 3 种,分别为 γ 射线、加速电子和 X 射线。目前鲜切果蔬杀菌中常用的辐照剂量为 1~2 kGy<sup>[29]</sup>。应根据不同的果蔬种类选择合适的辐射剂量,辐射剂量太小起不到灭菌保鲜的作用,太大可能会降低食品的品质。研究报道发现贮藏了 20 d 的经过辐射后的罗马甜瓜相比没有经过辐射的对照组,表现出了更稳定的呼吸速率,而对照组在贮藏期间细菌总数明显较高<sup>[30]</sup>。

### 3.3.2 紫外线照射保鲜

紫外线可以杀菌的原因是破坏了微生物的 DNA,使得微生物突变或者死亡。紫外线还可以诱导一些促进健康的化合物的合成,如产生像花青素和芪类化合物等<sup>[31]</sup>。此外该技术的其他优点是相对比较便宜和操作简单。研究发现用紫外线照射(254 nm)处理生菜可以有效地减少微生物群落<sup>[32]</sup>。但是紫外线照射也可以引起不良的影响,如增加果蔬的呼吸速率,诱导木质化进程,改变样品的外观等。

### 3.3.3 超高压保鲜

超高压技术利用的是强大的压力使得微生物和酶灭活,延长了食品的保藏期,相比于传统的热加工可以不改变食品的味道和风味,最大限度地保存食品中的营养成分。超高压保鲜技术常用的



压力为 100~1 000 MPa。赵电波等<sup>[33]</sup>在 30℃、300 MPa 压力下对鲜切雪莲果片处理 10 min,发现可以有效抑制多酚氧化酶的活性和微生物的生长,4℃贮藏 6 d 后,仍保持了较好的感官指标。值得注意的是超高压不适宜应用于新鲜的果蔬,因为果蔬组织多空疏松,组织中的空气在加压和解压的过程中会被压缩和扩散,破坏果蔬组织<sup>[34]</sup>。

#### 3.3.4 臭氧保鲜

臭氧具有很强的氧化性,因此可以用来冷库杀菌、消毒、除臭、保鲜。同时臭氧具有穿透性,可以自发分解成无毒的产物——氧气,不会给果蔬带来有害残留。Aguayo 等<sup>[35]</sup>用富含 O<sub>3</sub> 的浓度为 (4±0.5) μL/L 的空气每隔 3 h 循环处理番茄切片 30 min,发现可以有效地减少果糖、葡萄糖、维生素 C 和反丁烯二酸的流失,较好地保持了番茄切片的品质。另外细菌总数和真菌总数分别减少了 1.1~1.2 log<sub>10</sub> CFU/g 和 0.5 log<sub>10</sub> CFU/g。林永艳等<sup>[36]</sup>用臭氧水处理鲜切生菜,延缓了 VC 和叶绿素的下降,较好地保持了感官指标,贮藏 12 d 后发现鲜切生菜仍具有其商品价值。相比含氯的杀菌剂,臭氧在低浓度时仍具有很强的氧化能力,还具有接触时间短、分解后得到无毒产物等优点,近些年开始建议用臭氧水代替传统的杀菌剂<sup>[37]</sup>。目前臭氧水已经应用到鲜切蔬菜,用来减少微生物并延长货架期。

#### 3.4 保鲜剂保鲜

鲜切果蔬外观变化主要是因为发生了酶促褐变,酶促褐变是由于氧化酶催化多酚类和抗坏血酸与氧气反应造成的。早期用亚硫酸盐作为鲜切产品的褐变抑制剂,但是发现亚硫酸盐会对一些哮喘患者引发多种类似过敏反应,在 1986 年被 FDA 禁止在食品生产中使用<sup>[38]</sup>。因此探索天然、无副作用的褐变抑制剂备受世人关注。目前经常采用的保鲜剂有抗坏血酸和异抗坏血酸类衍生物、柠檬酸、EDTA、L- 半胱氨酸以及氨基酸、肽、蛋白质等物质。为了发挥最大的功效,可将保鲜剂进行一定的复配。丁捷等<sup>[39]</sup>对鲜切马铃薯复合褐变抑制剂组合进行了研究,结果表明,马铃薯切片最佳复合防褐剂配方组合为质量分数为 0.005% 曲酸 + 0.045% 异抗坏血酸钠 + 0.045% 半胱氨酸 + 0.01% CaCl<sub>2</sub> + 0.2992% EDTA-2Na。该组合能显著抑制马铃薯贮藏期间多酚氧化酶的活性,推迟其活性达 6 d 以上。

此外,可食性涂膜对鲜切果蔬的酶促褐变也可以起到很好的抑制作用。将各种天然、可食性的

涂膜保鲜材料进行复配,特别是壳聚糖及其衍生物作为一种新型的涂膜材料,可有效地延长鲜切果蔬的货架期。王兰菊等<sup>[40]</sup>对贮藏于 (4±1)℃ 下的鲜切山药用不同浓度壳聚糖涂抹处理,以 1% 壳聚糖 + 0.5% 抗坏血酸复合的涂膜液较理想,其货架期相比对照有效延长了 5 d。

## 4 展望

我国在鲜切产业的技术方面与外国仍有很大差距,在鲜切果蔬加工工艺和保鲜技术上都存在很多需改进和创新的地方。主要表现在以下几个方面:第一,生产企业应重视冷链的建设,在鲜切果蔬的流通环节建立起从加工工艺到销售点的冷链体系,并确保冷链不间断,这不但可以提高商品价值,同时也让消费者吃到新鲜安全的果蔬。第二,国内的保鲜技术比较落后,而且缺乏创新性,希望以后能够在现有保鲜技术的基础上,结合一些新兴的保鲜方法如臭氧保鲜、超高压保鲜、电离辐射保鲜等提高保鲜的技术水平。第三,随着消费者对绿色食品、无污染食品热衷度的上升,用天然、无公害的保鲜剂以及可食性涂膜来代替传统的食品保鲜剂定会成为今后食品保鲜剂发展的趋势。最后,科研机构及院校应加强对果蔬采后生理的研究,因为这是果蔬贮藏运输的关键。目前鲜切产品大部分销售市场还只是集中在大规模的城市,随着消费者购买力和食品安全意识的上升,相信果蔬鲜切业一定会得到蓬勃的发展。

#### 参考文献:

- [1] 黄雪松. 国外鲜切产品生产工艺概况 [J]. 现代食品科技, 2006(1): 147-151.
- [2] 刘程惠, 胡文忠, 王艳颖, 等. 国内鲜切果蔬包装的研究现状 [J]. 食品工业科技, 2010(12): 386-388.
- [3] 胡文忠. 鲜切果蔬科学与技术 [M]. 化学工业出版社, 2009.
- [4] 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(3): 319-326.
- [5] Aguayo E, Escalona V H, Rte s F A. Metabolic behavior and quality changes of whole and fresh processed melon [J]. Journal of food science, 2004, 69(4): Q148-Q155.
- [6] Hodges D M, Toivonen P M A. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(2): 155-162.
- [7] 郑林彦, 韩 涛, 李丽萍. 国内切割果蔬的保鲜研究现状 [J]. 食品科学, 2005(S1): 125-127.
- [8] 王俊宁, 饶景萍, 任小林, 等. 切割果蔬加工与贮藏的研究进展 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002(1): 141-144.
- [9] 徐亚光, 陆胜民, 王 群, 等. 加工和贮藏工艺对最少化加工

- 毛笋外观品质的影响[J]. 农业工程学报, 2003(4):193-196.
- [10] Rivera López J, Vázquez Ortiz F A, Ayala Zavala J F, et al. Cutting Shape and Storage Temperature Affect Overall Quality of Fresh cut Papaya cv.'Maradol'[J]. Journal of food science, 2005,70(7):s482- s489.
- [11] 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 (9): 1265- 1270.
- [12] Artés F, Allende A. Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf- life of minimally fresh processed leafy vegetables [J]. European Journal of Horticultural Science, 2005,70(5):231.
- [13] 李超,冯志宏,陈会燕,等. 鲜切果蔬保鲜技术的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2010(1):3-6.
- [14] 杨霞,舒晓斌,吴广辉,等. 贮藏温度对鲜切莴笋品质的影响[J]. 食品与机械, 2011(5):156-158.
- [15] Barth M M, Kerbel E L, Broussard S, et al. Modified atmosphere packaging protects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage [J]. Journal of Food Science, 1993,58(5):1070- 1072.
- [16] Aguayo E, Escalona V, Artés F. Quality of fresh- cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time [J]. European Food Research and Technology, 2004,219(5):492- 499.
- [17] Kato- Noguchi H, Watada A E. Effects of low- oxygen atmosphere on ethanolic fermentation in fresh- cut carrots [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1997,122(1): 107- 111.
- [18] Watada A E, Ko N P, Minott D A. Factors affecting quality of fresh- cut horticultural products [J]. Postharvest Biology and Technology, 1996,9(2): 115- 125.
- [19] Torriani S, Massa S. Bacteriological survey on ready- to- use sliced carrots[J]. Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie, 1994,27(5): 487- 490.
- [20] The C N, Carlin F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables [J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1994,34(4): 371- 401.
- [21] 张学杰,刘宜生,孙润峰. 切割果蔬的质量控制及改善货架期的途径[J]. 中国农业科学, 1999,32(3):72- 77.
- [22] Vina S Z, Chaves A R. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2006,94(1): 68- 74.
- [23] Koseki S, Isobe S. Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table[J]. International journal of food microbiology, 2005,104(3): 239- 248.
- [24] Gorny J R. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh- cut (minimally processed) fruits and vegetables, 2001[C].
- [25] Bai J H, Saftner R A, Watada A E, et al. Modified Atmosphere Maintains Quality of Fresh cut Cantaloupe (Cucumis melo L.)[J]. Journal of Food Science, 2001,66(8):1207- 1211.
- [26] Kays S J. Postharvest physiology and handling of perishable plant products.[M]. Van Nostrand Reinhold Inc., 1991.
- [27] Kader A A, Zagory D, Kerbel E L, et al. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables [J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1989,28(1): 1- 30.
- [28] Fonseca S C, Oliveira F, Brecht J K, et al. Development of perforation- mediated modified atmosphere packaging for fresh- cut vegetables[J]. Processing of foods: Quality optimization and process assessment, 1999: 389- 404.
- [29] Zhan L, Li Y, Hu J, et al. Browning inhibition and quality preservation of fresh- cut romaine lettuce exposed to high intensity light [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2012,14(0): 70- 76.
- [30] Boynton B B, Welt B A, Sims C A, et al. Effects of Low dose Electron Beam Irradiation on Respiration, Microbiology, Texture, Color, and Sensory Characteristics of Fresh cut Cantaloupe Stored in Modified atmosphere Packages [J]. Journal of food science, 2006,71(2): S149- S155.
- [31] Cantos E, Espín J C, Tomás- Barberá F A. Effect of wounding on phenolic enzymes in six minimally processed lettuce cultivars upon storage [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2001,49(1): 322- 330.
- [32] Allende A, Artés F. UV- C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed Lollo Rosso lettuce[J]. Food research international, 2003,36(7):739- 746.
- [33] 赵电波,张相生,张丽尧,等. 超高压处理对鲜切雪莲果片保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2012(1):186- 190.
- [34] Palou E, Lopez- Malo A, Barbosa- Canovas G V, et al. High hydrostatic pressure and minimal processing [J]. Minimally Processed Fruits and Vegetables, 2000:205- 222.
- [35] Aguayo E, Escalona V H, Artés F. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes [J]. Postharvest biology and technology, 2006,39(2): 169- 177.
- [36] 林永艳,谢晶,朱军伟,等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2012(1):211- 213.
- [37] Graham D. Use of ozone for food processing [J]. Food Technology, 1997,51(6): 72- 73.
- [38] FDA U S. Sulfiting agent: revocation of GRAS status for the use on fruits and vegetables served raw or sold to consumers [J]. Fed. Regist, 1986,51(131): 25021- 25026.
- [39] 丁捷,刘书香,张雪军,等. 鲜切马铃薯复合褐变抑制剂组合的筛选[J]. 食品科学, 2011(6):288- 292.
- [40] 王娟慧,谭兴和,熊兴耀,等. 壳聚糖涂膜对鲜切马铃薯保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2007(8):215- 218.