

关正萍,郭少珏,肖春玲,等. 低温处理对鲜切马铃薯片保鲜的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(15):230-234.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.042

# 低温处理对鲜切马铃薯片保鲜的影响

关正萍,郭少珏,肖春玲,张娟,于有伟,崔娜

(山西师范大学食品科学学院,山西临汾 041000)

**摘要:**以新鲜马铃薯切片为试验材料,探讨了其在不同低温条件下品质的变化。评估了在 0、1、2 ℃ 等 3 个低温处理温度下,马铃薯切片在不同储藏时期的感官品质变化得分,测定了褐变度,总酚、丙二醛(MDA)的含量,多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性。结果表明,在 1 ℃ 处理时鲜切马铃薯片保持了最佳的感官品质,同时此温度下显著抑制了酶促褐变反应、PPO 活性和 POD 活性,显著影响微生物繁殖与 MDA 的积累,感官评价较高,马铃薯保鲜效果最佳。本研究为马铃薯食品的加工和贮存保鲜提供了理论依据。

**关键词:**鲜切马铃薯片;低温;保鲜;感官品质;褐变度;总酚;丙二醛;多酚氧化酶;过氧化物酶

**中图分类号:** S532.093;TS215 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)15-0230-05

鲜切果蔬主要是由新鲜的水果蔬菜为原料,经过冲洗、去皮、剥去芽眼、切成薄片、包装成品等一系列处理后,加工成的 100% 可食用的新鲜果蔬制品,因此也被称为“最少加工果蔬”<sup>[1-2]</sup>。

随着人民生活水平的提高,消费观念的改变,鲜切水果蔬菜有很多便民、有利的地方。因此,鲜切果蔬已经成为一种新的流行趋势,正在逐步走入人们的生活。由于消费者现在对既方便食用且保鲜效果好的食品的需求增加,鲜切果蔬产品也受到越来越多关注<sup>[3-4]</sup>。然而出产鲜切果蔬产品时,加工过程中受到的创伤,导致鲜切产品出现了微生物繁殖、霉变、褐化、软化等问题,这些问题都成为我国鲜切果蔬加工业发展过程中的一大难题。

马铃薯是人们日常食用的一种常见食物,含有丰富的营养成分,新鲜马铃薯含有约 2% 蛋白质,并且还含有多种人体必需的氨基酸。不仅如此,新鲜的马铃薯内还含有多种维生素,比如人体所需的维生素 A、维生素 B、维生素 C、维生素 E 等。此外,马铃薯还含有丰富的金属矿物质。综上所述,马铃薯是一种对人体健康非常有益的食品,所以人们为它起了一个“地下苹果”的名称<sup>[5]</sup>。

因为马铃薯含有不少的酚类物质,也有丰厚的

多酚氧化酶(PPO),所以在去皮切分的过程中,马铃薯很容易发生酶促褐变,这是马铃薯所含的 PPO 催化反应的现象。酶促褐变的发生严重破坏了切片马铃薯的外观,大大降低了其食用价值。为了解决这一难题,就需要寻找适宜的贮藏方式,以延长切片马铃薯的贮藏期并减缓其褐变速度。探究鲜切马铃薯的适宜储藏条件,对鲜切产品防褐变进行研究就显得极为重要,对保证产品品质、延长货架期有很大的价值,对增加鲜切马铃薯产品的市场份额、增加市场竞争力有重要意义<sup>[6]</sup>。

产品贮藏方式有很多,其中,低温储藏对延缓果蔬采摘后成熟起重要作用,同时也可抑制病原菌的生长,这一措施也是保持品质的一种常用方法<sup>[7]</sup>。低温储藏能减缓细胞呼吸速率,保持鲜切果蔬的新鲜程度,也可以延缓组织的软化并且改变其色泽的变化速度,还能让微生物生长缓慢,避免霉化现象的发生。在合适的温度区间内,储藏温度越低,保鲜效果越好,但如果超过此温度范围,就容易产生冷害斑、凹陷、表面变褐等冷害症状。本试验主要研究不同低温处理对鲜切马铃薯片保鲜的影响<sup>[8]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

1.1.1 仪器 752N 紫外可见分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司);481 电热恒温水浴锅(北京市光明医疗仪器有限公司);电子天平;高速离心机(上海卢湘仪离心机仪器有限公司);冰箱。

1.1.2 试剂 磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、盐酸分析

收稿日期:2019-09-30

基金项目:山西师范大学质量工程项目(编号:2017YZKC-06)。

作者简介:关正萍(1975—),女,山西河曲人,博士,副教授,主要研究方向为食品科学与工程。E-mail:guanpz@sxnu.edu.cn。

通信作者:肖春玲,教授,主要研究方向为食品科学与工程。

E-mail:784829181@qq.com。

纯、甲醇、30% 过氧化氢(北京化学试剂厂)、邻苯二酚、愈创木酚、三氯乙酸溶液、硫代巴比妥酸溶液、柠檬酸。

## 1.2 样品处理

选择未腐烂、无机械损伤、个体完好无损、形状差异不大的圆形或椭圆形的新鲜马铃薯作为试验材料:首先经过冲洗,去除表面的土壤,然后沥干水分,用刀削去表皮,削掉绿色部分,剥去芽眼,切成约 0.5 cm 厚的薄片,随机分成 3 组,置于蒸馏水中浸泡 5 min 以洗去马铃薯表面淀粉,反复浸泡冲洗 3 次。然后捞出全部切片,放入沥水筐内,沥去表面水分,要求表面干燥。将马铃薯片平均分装入聚乙烯餐盒中,封口编号。每盒装入 90 g 马铃薯片;每个温度处理 2 组平行组,放在模拟货架中。在贮存期间,每 2 d 测定多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性,检测褐变度,测定总酚、丙二醛含量。

## 1.3 指标的测定

1.3.1 鲜切马铃薯片感官评分标准的确定 将切好的马铃薯切片用蒸馏水浸泡 5 min,重复 3 次。沥干表面水分后进行分装,低温条件下进行储藏,每 2 d 观察其变化,同时记录变化现象,直至马铃薯切片完全褐变,试验停止,鲜切马铃薯片的百分制感官评分标准<sup>[9]</sup>见表 1。

表 1 鲜切马铃薯片感官评分标准

等级	得分	感官品质
一等	90 ~ 100	无褐变,质地良好
二等	80 ~ 89	较好,轻微褐变,颜色变深
三等	70 ~ 79	尚好,有褐变迹象,变红褐色
四等	60 ~ 69	褐变较严重,灰色或红棕褐色
五等	< 60	严重褐变,黑褐色,质地变软

1.3.2 褐变度的测定 采用消光值法<sup>[10]</sup>,将待测样品按 1 g : 10 mL (即马铃薯取 2 g,蒸馏水取 20 mL)加入预冷的蒸馏水,于低温条件下研磨匀浆 2 min,研磨捣碎后,放入冰箱冷藏,取出加入离心管内,4 ℃、8 000 r/min 离心 15 min,放入冰箱冷藏 5 min,取出 40 ℃ 恒温保存 5 min,在 410 nm 处测定吸光度  $D_{410\text{ nm}}$ 。计算公式:1 U = 10 ×  $D_{410\text{ nm}}$ <sup>[11]</sup>。

1.3.3 总酚的测定 称取 1.0 g 的马铃薯片,研磨成泥浆,吸取 5 mL HCl - 甲醇溶液(1%),加入混匀,移到 20 mL 的容量器里面。定容,用 HCl - 甲醇溶液冲洗转移溶液到 20 mL,摇匀。容量瓶放入 3 ℃ 冰箱冷藏,间隔 5 min 摇匀 1 次,重复 4 次后取

出。4 000 r/min 离心 5 min,测 280 nm 波长下吸光度。重复 3 次,取平均值。单位以  $D_{280\text{ nm}}/\text{g}$  表示。

1.3.4 丙二醛的测定 参照文献[12]的方法。取新鲜样品 1.0 g,研磨成浆后加入 2 mL TCA 溶液(100 g/L),混匀后再加入 3 mL 的 TCA 溶液,研磨充分后转入离心管,4 ℃ 保存。转速 4 000 r/min,离心 20 min。取上清液 2.0 mL,加入 TBA 溶液 2.0 mL,混匀,在开水中浸浴 20 min 后取出,在室温下冷却到 4 ℃,4 000 r/min 离心 20 min。测定 450、532、600 nm 的波长处样品的吸光度。

结果以式(1)计算<sup>[13]</sup>:

$$\text{MDA}(\text{mmol/g}) = [6.452 \times (D_{652\text{ nm}} - D_{600\text{ nm}}) - 0.559 \times D_{450\text{ nm}}] \times V_1 \div V_s \div m_F \quad (1)$$

式中: $V_1$  表示提取液总体积(mL); $V_s$  表示测定用提取液体积(mL); $m_F$  表示样品鲜质量(g)。

1.3.5 多酚氧化酶(PPO)的测定 参考陈建勋等的测定方法<sup>[14]</sup>,称取样品 2.0 g,研磨成浆后,加入 2 mL 磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH = 6.0),研磨充分后放冰箱冰浴,加入 3 mL 磷酸缓冲液,冲洗研钵,把清洗液转移到离心管,4 ℃、8 000 r/min 离心 15 min。取上清液,备用。取 2.7 mL 反应液[磷酸氢二钠 - 柠檬酸缓冲液(0.1 mol/L, pH = 6.0):邻苯二酚(0.1 mol/L)(V/V) = 8 : 1],40 ℃ 下恒温静置 3 min,加入 0.3 mL 上清液,迅速摇匀,在 410 nm 的波长下,隔 1 min 记录 1 次吸光度,重复测 3 次并记录,测定吸光度每分钟的改变程度,计算每分钟吸光度变化的平均值。

1.3.6 过氧化物酶(POD)的测定 采用曹建康等的愈创木酚测定方法<sup>[15]</sup>,称取样品 2.0 g,研磨成浆,加入 2 mL 磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH 值 6.0),冰浴中研磨,加入 3 mL 磷酸缓冲液洗研钵。将溶液转移到离心管内,4 ℃、8 000 r/min 离心 15 min。取 2.7 mL 反应液(52.5 mL, 0.1 mol/L, pH 值 6.0 磷酸缓冲液中加入 12.5 mL 1.5% 愈创木酚;5 mL 30% 双氧水)40 ℃ 水浴锅内保温 3 min 后,加入 0.3 mL 上清液,迅速摇匀,测定 470 nm 波长下的吸光度,记录结果。隔 1 min 记 1 次,共记录 3 min。测定吸光度变化,计算 3 min 内吸光度变化的平均值。

## 1.4 数据处理

应用 Excel 软件进行数据统计分析,感官程度、褐变度、总酚、丙二醛、PPO 活性、POD 活性的测定结果取平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温条件下鲜切马铃薯片的感官品质变化

感官评价是果蔬品质评价的重要方法之一,感官主要包括外观色泽、味道、软硬酥脆以及食用口感等,可直观表现出其商品价值。如图 1 所示,鲜切

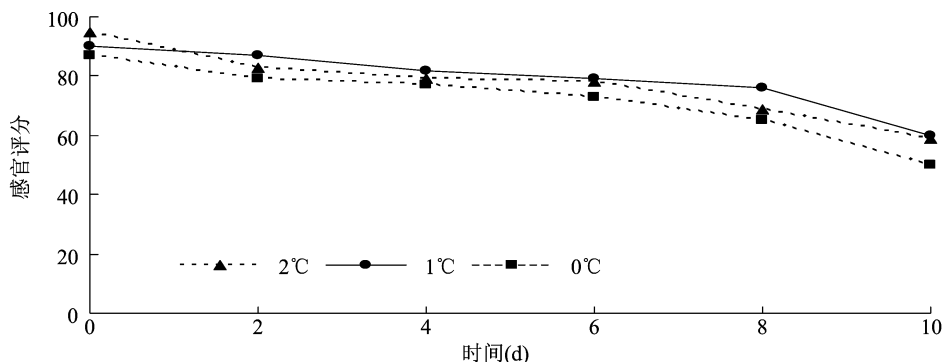


图1 低温条件下鲜切马铃薯片的感官品质的变化

### 2.2 低温条件下鲜切马铃薯片褐变度的变化

加工切割过程中,马铃薯变成马铃薯片,接触外界空气的表面积增大导致马铃薯保存时,很容易发生褐变,影响其贮藏品质。通常用褐变度来衡量样品的褐变程度。贮藏期间,各组鲜切马铃薯片的褐变度如图 2 所示不断增大,说明贮藏时间越长,褐

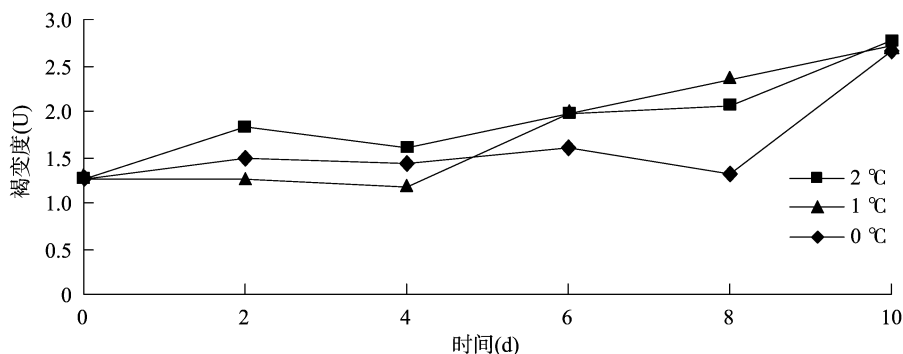


图2 低温条件下鲜切马铃薯片褐变度的变化

### 2.3 低温条件对鲜切马铃薯片总酚含量的影响

植物中含有大量的酚类物质且种类繁多,是水果和蔬菜酶着色的重要基质。然而,不同种类的水果和蔬菜参加酶促褐变反应的酚类不同<sup>[18-20]</sup>。图 3 表明贮藏期间,各组马铃薯片的总酚含量变化不稳定,其中,在贮藏 2~4 d,各组总酚含量均在急剧减少,说明酚类物质被酚酶使用,并参与褐变酶反应,加快了鲜切马铃薯片的褐变速度。后期褐变速度减慢,不再需要过多底物,所以总酚累积量增多<sup>[21]</sup>,导致 4 d 后总酚含量逐渐升高。该指标的测定表明 1℃ 下总酚含量变化较缓,褐变较慢,贮存效

果较好。马铃薯片在不同低温环境下,从开始贮藏到完全褐变,群体感官品质均下降,这表明低温保存不能完全抑制新鲜马铃薯切片的感官降解过程。贮藏至 10 d, 1℃ 低温下保存的鲜切马铃薯片感官评分最高,保持了原来的颜色,质地坚硬,口感脆嫩,商业价值最高,因此 1℃ 是最优的保存温度<sup>[16]</sup>。

变程度越严重;当贮藏温度为 1℃ 时,褐变度上升速率变缓,这可能是因为多酚类物质受到适宜的低温条件影响,氧化反应生成醌,降低了多酚氧化酶(PPO)活性<sup>[17]</sup>。马铃薯褐变的现象可以缓和,但不能完全抑制。1℃ 为最适合的低温贮藏条件。

果较好。

### 2.4 低温条件对鲜切马铃薯片丙二醛(MDA)含量的影响

MDA 等氧化产物的产生,是由于马铃薯被切割加工后,细胞遭破坏,增大了膜透性。在贮藏过程中鲜切马铃薯容易积累有害物质,影响其营养品质<sup>[22]</sup>。储藏期间,每个温度条件下的鲜切马铃薯片中 MDA 含量变化如图 4 所示,均呈上升趋势,在 2℃ 下储藏的马铃薯片 MDA 含量的增长速度较 1℃ 快,说明 1℃ 对鲜切马铃薯片有害物质积累有一定的抑制作用。

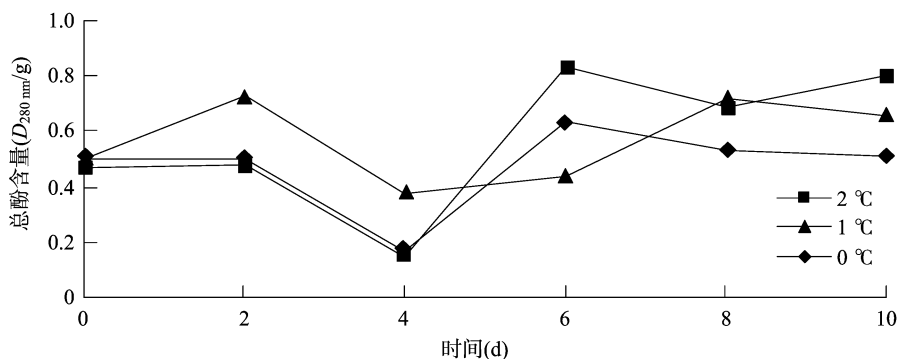


图3 低温条件下鲜切马铃薯片总酚含量的变化

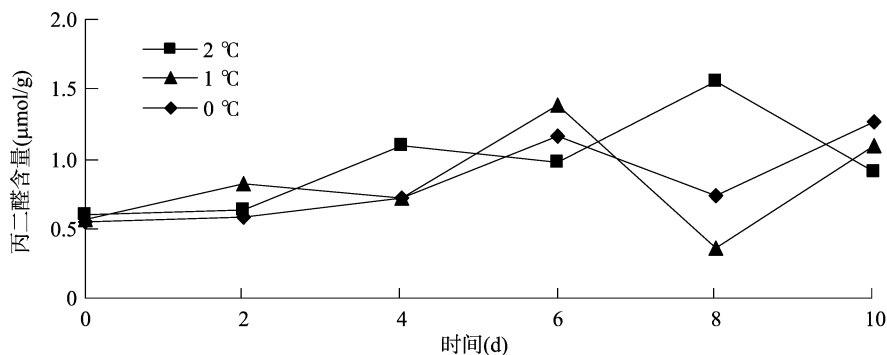


图4 低温条件下鲜切马铃薯片丙二醛含量的变化

## 2.5 低温条件对鲜切马铃薯片多酚氧化酶(PPO)活性的影响

PPO 活性是检验褐变程度的重要标志。贮藏 10 d 间,PPO 与内囊膜的结合可能会受损,导致 PPO 被激活<sup>[23]</sup>。如图 5 所示,储藏期间,各组 PPO 活性

均不稳定。储藏至 2 d,由于鲜切马铃薯片的压力反应,所有组的 PPO 活性都明显增加。贮藏至 10 d,1 °C 时的鲜切马铃薯片 PPO 活性最低,保持了较高的商品价值。

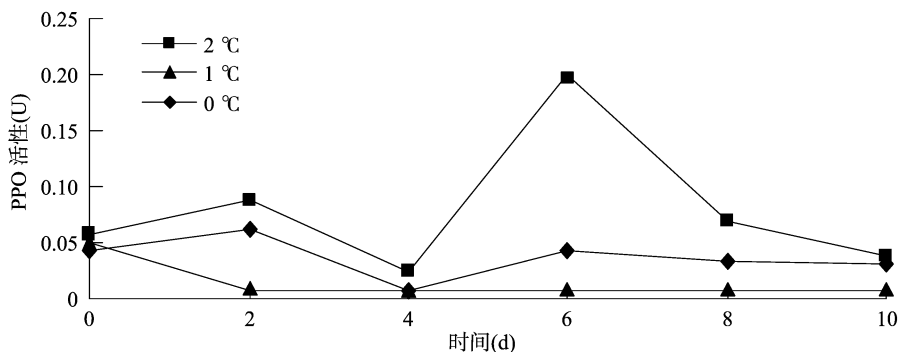


图5 低温条件下鲜切马铃薯片 PPO 活性的变化

## 2.6 低温条件对鲜切马铃薯片过氧化物酶(POD)活性的影响

POD 是一种与植物抗体有很大关系的氧化还原酶,在植物的生长发育、木氮的合成以及酶促褐变等过程中发挥重要作用<sup>[24]</sup>。由图 6 可知,贮藏期间,各组鲜切马铃薯片 POD 活性变化均呈波动趋势,温度为 2 °C 时鲜切马铃薯片的 POD 活性始终高

于其他组。3 组 POD 活性均在贮藏 4 d 表现活跃,峰值的出现说明此时各组 POD 活性变化幅度最大,各项生理生化反应最激烈。贮藏至 10 d,1 °C 时的 POD 活性明显低于其他各组,说明适宜的低温条件可以减缓鲜切马铃薯代谢的发生<sup>[25]</sup>。因此,适宜的低温条件可以抑制鲜切马铃薯片 POD 活性,证明 1 °C 为最适贮藏温度。

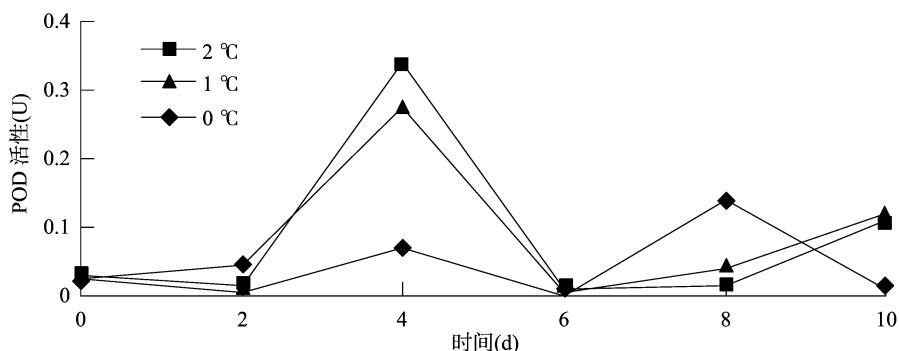


图6 低温条件下鲜切马铃薯片 POD 活性的变化

### 3 结论

本试验以鲜切马铃薯片为研究对象,探究了低温条件下各项理化指标的变化,比较得出最适贮藏温度。分析结果表明,1 °C 是鲜切马铃薯片低温保藏的最适温度,在 1 °C 下,马铃薯的感官指标、褐变程度、总酚含量、MDA 含量、PPO 活性及 POD 活性均达到最好。

#### 参考文献:

- [1] 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,2005,26(增刊1):125-127.
- [2] Mchugh T H, Senesi E. Apple wraps: a novel methods to improve the quality and extend the shelf life of fresh cut apple[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(3): 480-485.
- [3] Oms - Oliu G, Soliva - Fortuny R, Martin - Belloso O. Using polysaccharide - based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh - cut melon[J]. LWT - Food Science and Technology, 2008, 41(10): 1862-1870.
- [4] Olmez H, Kretschmar U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh - cut industry for minimizing water consumption and environmental impact[J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42(3): 686-693.
- [5] 胡小松,李积宏. 马铃薯丝加工抗褐变保鲜剂的筛选[J]. 食品科学,1999(6):33-35.
- [6] 陈海光,姚 青. 切片马铃薯护色及涂膜保鲜[J]. 食品与机械, 2004(3):20-22.
- [7] 李果果,欧智涛,陈东奎,等. 沃柑低温环境贮藏的品质变化分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):219-221.
- [8] 张 平,张 鹏,刘 辉,等. 不同低温处理对樱桃冷害发生的影响[J]. 食品科学,2012,33(12):303-308.
- [9] 周文萍,陈经聪,罗兴武. 复合护色液对鲜切马铃薯防褐变研究[J]. 食品研究与开发,2013,34(21):6-9.
- [10] 郁志芳,彭贵霞,夏志华,等. 鲜切山药酶促褐变机理的研究[J]. 食品科学,2003,24(5):44-49.
- [11] 王 擎,张海英,李红卫,等. 曲酸对鲜切马铃薯与莲藕的褐变

及其相关酶活性的影响[J]. 北京农学院学报,2014,29(3): 90-93.

- [12] 王鸿飞,邵兴锋. 果品蔬菜贮藏与加工实验指导[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [13] 赵 欣,周 婧,陈湘宁,等. OPP/ CPP 膜中不同气体比例对鲜切马铃薯片保鲜的影响[J]. 食品工业科技,2017,38(17): 207-211,219.
- [14] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州:华南理工大学出版社,2002.
- [15] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.
- [16] Kadder A A, Zagory D, Kerbel E I. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables[J]. Crit Rev Food Sei Nutr, 1989, 28(1): 1-30.
- [17] Day B F. High oxygen modified atmosphere packaging for flesh prepared produce[J]. Postharv News Infor, 1996, 7(3): 31-34.
- [18] Chiralt A, Fito P, Barat J M, et al. Use of vacuum impregnation in food salting process[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(2): 141-151.
- [19] Fito P, Chiralt A, Betoret N, et al. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering: application in functional fresh food development[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(2): 175-183.
- [20] 周白雪,谢君,包垠秋,等. 低温贮藏对莲藕酚类物质组成的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):189-191.
- [21] 程丽林,张长峰,王庆国. 影响鲜切马铃薯褐变相关酶及底物的研究[J]. 现代食品科技,2017,33(1):106-111,118.
- [22] 马玉荣. 鲜切马铃薯褐变控制技术研究[D]. 泰安:山东农业大学,2010.
- [23] 郭振龙,杨肖飞,周 婧,等. 北京地区主要生菜品种的耐藏性研究[J]. 食品工业科技,2017(9):304-308.
- [24] Serrano M A, Fortea M I, Delamor F M, et al. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of partially purified red pepper (*Capsicum annum* L.) peroxidase [J]. Food Chemistry, 2008, 107(1): 193-199.
- [25] 车 东. 鲜切果蔬产品气调包装工艺及质量评价[D]. 无锡:江南大学,2007.