

## 鲜切生菜气调包装保鲜条件优化

徐燕新<sup>1</sup>,陈湘宁<sup>2</sup>,许丽<sup>3</sup>

<sup>1</sup>北京农学院食品科学与工程学院,北京 102206;<sup>2</sup>食品质量与安全北京实验室,北京 102206;

<sup>3</sup>北京优质农产品产销服务站,北京 100101)

**摘要:**为研究气调包装对鲜切生菜保鲜效果的影响,筛选出最优的气调包装条件。生菜经过清洗、消毒、脱水、切割等一系列加工工艺流程后,用不同包装材料和不同气体比例对其进行气调包装,在4℃条件下冷藏,每隔1天对生菜的失重率、Vc、叶绿素、微生物、电导率以及PPO、POD酶活性进行测定,筛选出适合生菜气调保鲜的最佳材料和最佳气体比例。结果表明:适宜的包装材料和O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>气体比例组合有利于延长鲜切生菜的保鲜期,在4℃条件下,采用3% O<sub>2</sub>+ 10% CO<sub>2</sub>气体比例和BOPP/PE包装材料进行气调包装,可以维持鲜切生菜恰当的呼吸强度,有效抑制微生物的生长,降低了PPO、POD酶的活性、减少了Vc、叶绿素等营养物质的损失,使生菜的保鲜期由4~5天延长至14天。这在实际生产和流通中具有较强的应用价值。

**关键词:**气调包装;保鲜;鲜切生菜;品质

中图分类号:TS255.36

文献标志码:A

论文编号:casb15100017

### Condition Optimization of Modified Atmosphere Packaging Preservation for Fresh Cut Lettuce

Xu Yanxin<sup>1</sup>, Chen Xiangning<sup>2</sup>, Xu Li<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Engineering, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206;

<sup>2</sup>Beijing Laboratory of Food Quality and Safety, Beijing 102206;

<sup>3</sup>Beijing High Quality Agricultural Product Production and Sale Service Station, Beijing 100101)

**Abstract:** The purpose of this experiment was to research the effect of modified atmosphere packaging on the preservation of fresh cut lettuce. Lettuce after cleaning, disinfection, dehydration, cutting and a series of machining process, was packaged with different packaging materials and different proportions of gases to modified atmosphere packaging, refrigerated at 4℃, then the weight loss rate, Vc, chlorophyll, microbial, electrical conductivity, PPO and POD activity of the lettuce were determined every two days, to select the best material and the best ratio of gas for lettuce. The results showed that the suitable packaging materials and gas ratio of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> were beneficial to extending the shelf life of fresh cut lettuce. Under the condition of 4℃, using the inflatable proportion of 3% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> and the packing materials of BOPP/PE for modified atmosphere packaging was able to maintain the appropriate respiration intensity, effectively inhibit the growth of microorganisms, decrease the activity of PPO and POD enzyme, and reduce Vc, chlorophyll and other nutrient loss, extended the preservation period of lettuce from 4–5 days to 14 days, and had strong application value in the actual production and circulation.

**Key words:** modified atmosphere packaging (MAP); preservation; fresh cut lettuce; quality

**基金项目:**北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目“叶类蔬菜气调包装保鲜机理及技术研究”(CIT&TCD20150315);现代农业产业技术体系北京市叶类蔬菜创新团队项目(5075237016/002);北京市农业科技项目“鲜切菜气调保鲜关键技术研究及试验示范”(20140126)。

**第一作者简介:**徐燕新,女,1990年出生,河北人,硕士研究生,主要研究方向农产品资源利用。通信地址:102206 北京市昌平区回龙观北农路7号 北京农学院食品科学与工程学院,E-mail:xyx9092@163.com。

**通讯作者:**陈湘宁,女,1972年出生,广东人,教授,博士,研究方向为果蔬采后处理、营养功能及安全管理。通信地址:102206 北京市昌平区回龙观北农路7号 北京农学院食品科学与工程学院,E-mail:chenxiangning@bua.edu.cn。

**收稿日期:**2015-10-08,修回日期:2015-12-07。

## 0 引言

生菜的营养丰富、种植面积广、消费量大<sup>[1]</sup>。新鲜的生菜经过挑选、整理、清洗、切割、包装等一系列的工艺加工为鲜切生菜,切割后单独或者和其他的鲜切蔬菜包装在一起,消费者买后可开袋即食或直接烹饪。由于其新鲜、卫生、方便等特点,深受广大消费者喜爱,是鲜切产品中需求量最大的产品之一。但由于生菜经过切割处理,在后续加工过程中容易受到机械损伤出现脱水现象,在贮藏保鲜期间也会发生褐变,导致鲜切菜中微生物不断增殖,品质和商业价值也会受到影响<sup>[2-4]</sup>。传统的保鲜鲜切生菜的方法有低温保鲜、保鲜剂保鲜等,实践表明,这些方法对生菜的保鲜起到了积极有效的的作用,但也不同程度地存在缺陷,如低温保鲜能耗高、保鲜剂保鲜存在化学污染危害健康等问题<sup>[5-7]</sup>。因此,急需开发一种绿色、无污染的鲜切菜保鲜方式。

气调包装保鲜(modified atmosphere packaging, MAP)是近年来在气调库贮藏基础上发展起来的一种新型果蔬保鲜手段,它采用可以调节气体组成比例的包装材料,通过在贮藏过程中调节包装袋内的O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>浓度等条件来保鲜果蔬,延长货架期<sup>[8]</sup>。果蔬包装后呼吸作用仍在进行,氧气浓度极低的情况下(小于10%),若CO<sub>2</sub>浓度超过20%时,容易产生厌氧呼吸或者高二氧化碳的生理损害,降低商品价值<sup>[9-10]</sup>。目前,气调库贮藏在果蔬保鲜中的应用比较普遍<sup>[11]</sup>,而气调包装保鲜的应用则非常少,关键在于市场上没有针对性很强的包装材料<sup>[12]</sup>。因此,开发出针对性强、保鲜效果好的气调包装活性材料,无疑将是气调包装保鲜快速商业化急需解决的问题。气调包装材料开发的关键是保持包装材料的O<sub>2</sub>透过率、CO<sub>2</sub>透过率及水蒸气透湿率与生菜呼吸速率相匹配。这与Nandane及Rahman的研究结果一致,即气调包装保鲜通过调节及控制包装容器内的气体组成及比例,使蔬菜维持较低的呼吸速率而又不产生厌氧呼吸,从而延缓蔬菜的成熟而达到保鲜效果<sup>[13-14]</sup>。因此,研发生菜的气调包装保鲜技术体系,是提高生菜气调包装保鲜效果、加快生菜气调包装保鲜商业化应用与推广的关键步骤。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供应生菜为结球生菜,产自河北省秦皇岛生菜种植基地,由北京市裕农优质农产品种植公司在冷链条件下运输至北京农学院食品学院冷库预冷至4℃,挑选颜色、大小一致、新鲜成熟度适中,无虫害及生理损伤的生菜,经过切割,清洗、一次消毒(次氯酸钠浓度40~50 mg/L)、二次消毒(次氯酸钠浓度70~80 mg/L)<sup>[15]</sup>、脱

水等一系列加工过程后用于气调包装试验,试验所用的4种包装材料分别是BOPP/PE(双向拉伸聚丙烯复合聚乙烯,a)、PD961(b)、PE(聚乙烯,c)、PVC(聚氯乙烯,d),规格均为长×宽=235 mm×225 mm。

### 1.2 试验试剂与仪器

1.2.1 主要试剂 丙酮、无水乙醇、正己烷、2,6-二氯酚、抗坏血酸、碳酸氢钠、草酸、氯化钠、PCA培养基、碳酸氢二钠、碳酸二氢钠、愈创木酚、双氧水、邻苯二酚。

1.2.2 主要仪器 KQ-500DE型数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;HH-S数显恒温水浴锅,常州翔天实验仪器厂;H1850R台式高速冷冻离心机,湘仪离心机仪器有限公司;GHP-9160隔水式恒温培养箱,上海一恒科学仪器有限公司;T6新世纪紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;YT-CJ-1ND超净工作台,北京亚泰科隆科技开发中心;LS系列立式压力蒸汽灭菌器,江阴滨江医疗设备有限公司;SCIENTZ-11 无菌均质器,宁波新芝生物科技股份有限公司。

### 1.3 试验方法

将清洗消毒后的鲜切生菜分别放入1.1所提到的4种包装袋中,每袋约150 g,用气调包装机将包装袋先抽真空,然后一次性的充入CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>气体,同时用空气填充作对照组,进行最佳包装材料和最适气体比例的初筛,气体比例填充如表1,密封后,贮藏于(4±1)℃冷库中,每隔1天取1次样,以感官评价为指标筛选出保鲜效果最佳包装材料及最佳气体比例范围。

表1 包装袋内的气体成分及比例填充 %

序号	气体成分比例		
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
处理1	3	10	87
处理2	10	17	73
处理3	20	30	50
CK	21	0.03	78

在最佳包装材料条件下,选取最佳气体范围内的4种气体比例,气调包装密封后,贮藏于(4±1)℃冷库中,每隔1天取1次样,分别对失重率、叶绿素、Vc、菌落总数等各项指标进行测定,每组试验均重复3次,充入空气,作为对照组,筛选出最佳气体比例。

### 1.4 指标测定

1.4.1 失重率测定 采用称量法对第0天的生菜进行称量,记录初始数据,之后每隔1天称量每种样品的质

量,每组平行试验3次。

1.4.2 叶绿素含量测定 称取0.5 g的冷藏后的碎叶,加15 mL的乙醇-丙酮(1:2)混合液和9 mL的正己烷,置于黑暗中于5℃贮藏5 h,每隔15 min震荡1次。反应后加入25 mL的1 mol/L NaCl溶液,振荡,在4℃10000 r/min离心30 min。在分光光度计下测量1 mL上清液在644 nm及662 nm下的吸光度<sup>[16-17]</sup>。

1.4.3 Vc含量测定 采用GB 6195—86水果、蔬菜维生素C含量测定法(2,6-二氯酚磺酞法)<sup>[18]</sup>。

1.4.4 相对电导率的测定 参照文献<sup>[19]</sup>的方法进行。分别称取5个叶圆片(鲜重约150~200 mg,无主脉),清洗后放入20 mL的去离子水中,把水的电导率记为 $P_0$ 。轻轻振动3 h后,再测量其电导率,记为 $P_1$ 。然后放入沸水浴加热5 min,在冷却之后测得最大电导率为 $P_2$ 。

1.4.5 菌落总数测定 采用GB 4789.2—2010食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定。

1.4.6 PPO酶测定 在饶先军等<sup>[20]</sup>研究基础上改进如下:(1)酶液的提取。称取5 g生菜放入研钵中,加入25 mL 0.05 mol/L磷酸缓冲液(pH 7.0)进行冰浴研磨,放入50 mL离心管中,在高速冷冻离心机4℃离心15 min,转速12000 r/min,取上清液测定酶活性。(2)酶活测定方法。0.1 mL酶提取液加2.9 mL底物(0.02 mol/L邻苯二酚溶于0.05 mol/L pH 7.0的磷酸缓冲液中)作为PPO酶的反应体系。于420 nm处每5 s

记录1次吸光值,时间共3 min,以每克样品吸光值变化0.01来表示1个酶活力单位[U/(g·min)]。

1.4.7 POD酶测定 在石学彬等<sup>[21]</sup>研究基础上改进如下:(1)酶提取液的制备。称取5 g生菜放入研钵中,加入35 mL 0.05 mol/L磷酸缓冲液(pH 6.0)进行冰浴研磨,放入50 mL离心管中,在高速冷冻离心机4℃离心10 min,转速4000 r/min,取上清液测定酶活性。(2)酶活测定方法。0.3 mL酶提取液加2.7 mL反应液(6.25 mL 1.5%愈创木酚与0.2 mL 30%双氧水溶于27.75 mL的0.05 mol/L pH 6.0的磷酸缓冲液中)作为POD酶的反应体系。于470 nm处每5 s记录1次吸光值,时间共3 min,以每克样品吸光值变化0.01来表示1个酶活力单位[U/(g·min)]。

1.4.8 感官评价 参照文献<sup>[22]</sup>的方法进行感官评价。

## 2 结果与分析

### 2.1 最佳气体成分比例范围及包装材料筛选结果

将鲜切生菜用不同包装材料进行气调包装,按照表1进行气体比例填充,在2~5℃贮藏至14天,每隔1天进行感官评价。由表2可以看出,a包装材料保鲜效果最好,b、c、d在6~10天之间依次失去商品价值,保鲜效果差,a1在14天后还具有商品价值,保鲜效果最佳,因此BOPP/PE在低气体比例的条件下包装鲜切生菜保鲜效果最好,贮藏时间最长。

在最佳气体成分3%O<sub>2</sub>+10%CO<sub>2</sub>范围内选择4种

表2 不同材料及气体成分包装下鲜切生菜感官评分

贮藏时间/d	a				b				c				d			
	处理1	处理2	处理3	CK												
0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9	7	7	9	9	7
4	9	9	9	7	7	7	9	7	7	9	7	5	7	7	7	5
6	9	9	9	7	7	5	7	5	7	7	5	3	5	7	7	5
8	9	9	9	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	7	5	3
10	9	9	7	3	5	3	5	3	5	3	1	1	3	5	5	1
12	9	7	7	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	3	1
14	9	7	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

气体比例,A:3%O<sub>2</sub>+10%CO<sub>2</sub>,B:2%O<sub>2</sub>+7%CO<sub>2</sub>,C:3%O<sub>2</sub>+8%CO<sub>2</sub>,D:4%O<sub>2</sub>+9%CO<sub>2</sub>和CK空气,对鲜切生菜进行气调包装,测定各项指标。

### 2.2 在最佳包装材料下最适气体比例的筛选结果

2.2.1 气调包装保鲜对鲜切生菜失重率的影响 生菜含水量较高(97%~98%)<sup>[23]</sup>。鲜切生菜气调包装后仍会进行呼吸作用和蒸腾作用等一系列的生理活动,因此容

易失水,导致鲜切生菜萎焉、皱缩、品质下降。如图1,在整个贮藏期间,鲜切生菜失重率的变化并不大,因为气调包装能减少鲜切生菜的水分损失,其中A组和D组处理效果最佳,失重率均低于其他各组,CK组失重率最高。因此用3%O<sub>2</sub>+10%CO<sub>2</sub>的气体比例成分进行气调包装,可以降低鲜切生菜的失重率,延长生菜的保鲜期。

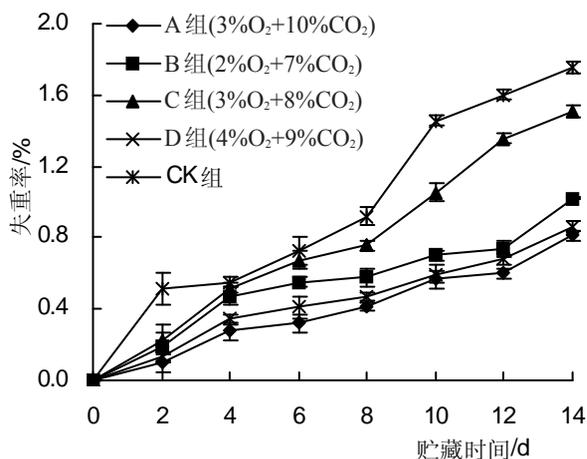


图1 气调包装保鲜对鲜切生菜失重率的影响

2.2.2 气调包装保鲜对鲜切生菜叶绿素的影响 随着贮藏时间延长,鲜切生菜的叶绿素无法进行光合作用,会逐渐分解而使绿色消退,鲜嫩度下降从而导致菜叶的黄色,因此叶绿素含量是维持鲜切菜贮藏品质的重要指标。从图2看出,在整个贮藏保鲜的过程中,各组的叶绿素含量均呈下降的趋势,其中CK组的叶绿素含量下降最快,A组叶绿素含量明显高于其他各组,到贮藏末期,各组之间的差别更明显,A组叶绿素含量约为CK组的10倍,因为CK组O<sub>2</sub>的含量高,对生菜组织呼吸作用的程度不强,叶绿素被环境中的氧气充分氧化分解。

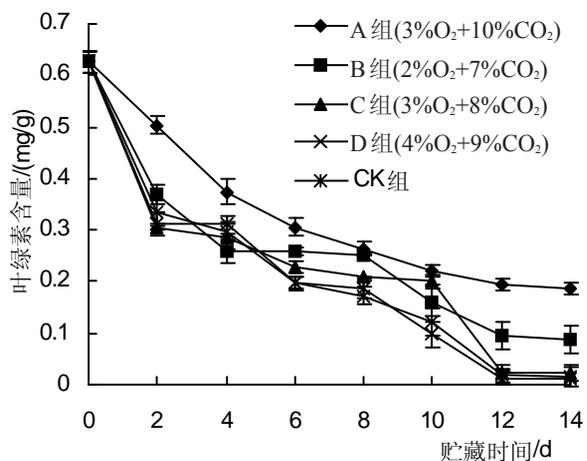


图2 气调包装保鲜对鲜切生菜叶绿素含量的影响

2.2.3 气调包装保鲜对鲜切生菜Vc含量的影响 生菜中的Vc含量较高,Vc极易受外界条件影响发生降解,因此其含量是衡量生菜品质的重要指标。如图3所示,在生菜的贮藏过程中,各组Vc含量随时间变化呈现不同幅度下降,其中A组下降幅度明显小于CK组

的下降幅度,在贮藏结束时,CK组Vc含量仅为0.023 mg/100 g,含量最少,说明气调包装过程中充入不同的气体比例对生菜中的Vc含量影响差别较大,可见适当的气体比例,可以降低Vc含量的降解速度,CK组氧气含量相对较高,呼吸作用强,因此Vc含量下降较快。

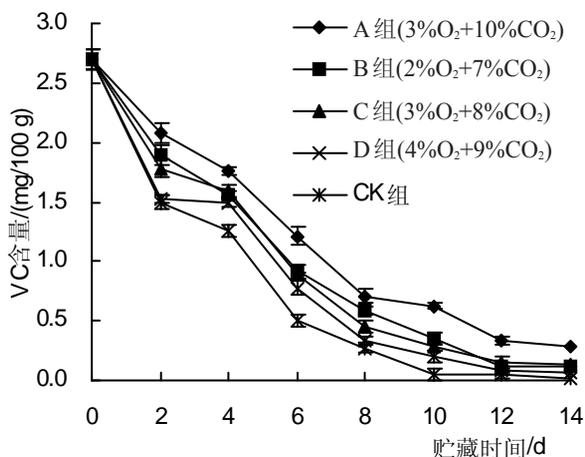


图3 气调包装保鲜对鲜切生菜Vc含量的影响

2.2.4 气调包装保鲜对鲜切生菜菌落总数的影响 微生物的污染和增殖可以导致鲜切菜的品质下降,降低其商业价值。由图4可知,随贮藏时间变化,各组的微生物数量均呈上升趋势,但不同的气体比例处理均能够抑制鲜切生菜在贮藏过程中微生物的生长,其中A组抑制微生物效果最好,贮藏14天后,细菌平均对数仍低于6 cfu/g。而对照组,贮藏6天,细菌平均对数就已经高于6 cfu/g。

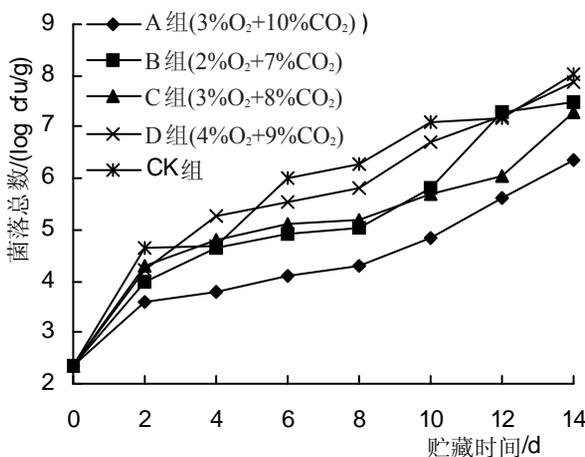


图4 气调包装保鲜对鲜切生菜菌落总数的影响

2.2.5 气调包装保鲜对鲜切生菜电导率的影响 由图5显示可知,在整个贮藏过程鲜切生菜的各处理组和对照组的相对电导率均逐渐上升,反映了鲜切菜组织细

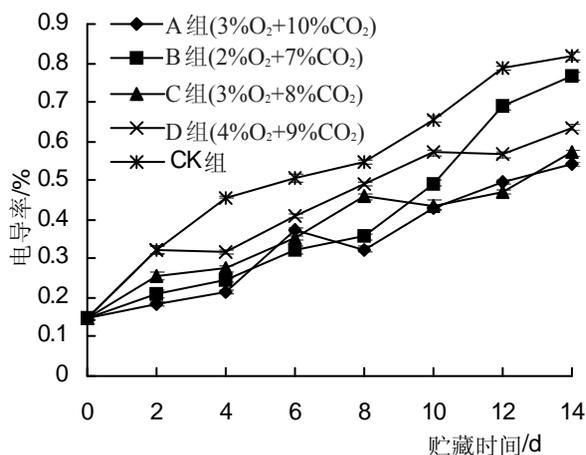


图5 气调包装保鲜对鲜切生菜电导率的影响

胞膜通透性不断增加,加剧了其衰老程度。且在A组条件下贮藏的生菜相对电导率上升速度比CK组慢。贮藏末期,处理组相对电导率值显著低于CK组。这表明气调包装有利于维持生菜正常而又较低的生理活动,减少细胞膜的损伤。

**2.2.6 气调包装保鲜对鲜切生菜PPO酶活性的影响**  
多酚氧化酶(PPO)是促使组织褐变的主要酶类,生菜组织中的游离酚类物质在PPO酶的催化作用下,发生氧化还原反应,产生褐变物质,因此抑制该酶类的活性可以控制生菜的褐变<sup>[24]</sup>。由图6可知,除了CK组PPO活性变化在贮藏过程中有先上升在下降的过程,其他各组总体呈下降趋势,其中在整个贮藏期间,A组的PPO活性始终比较低,而CK组PPO活性均高于其他各组,试验表明A组的气调环境对PPO的活性有显著的抑制作用,有利于控制鲜切菜的组织褐变,延长了其货架期。

**2.2.7 气调包装保鲜对鲜切生菜POD酶活性的影响**  
过氧化物酶广泛存在于果蔬中,在老化组织中活性较

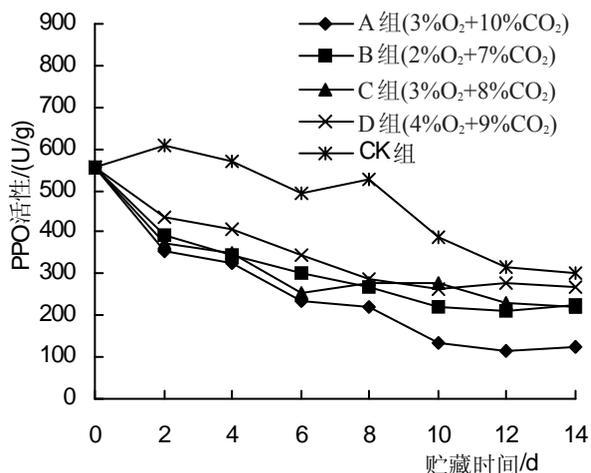


图6 气调包装保鲜对鲜切生菜PPO活性的影响

高,因此可以作为组织老化的重要生理指标之一,同时POD还可以导致组织褐变。图7显示了过氧化物酶(POD)的活性在贮藏期间的变化情况,CK组的POD酶活性在贮藏第10天达到最高值,其POD活性显著高于其他各组,其余处理组均未出现明显峰形,尤其是A组,POD活性在上升至第2天水平后,贮藏后期始终在一个较低的水平,表明气调包装保鲜可以抑制POD的

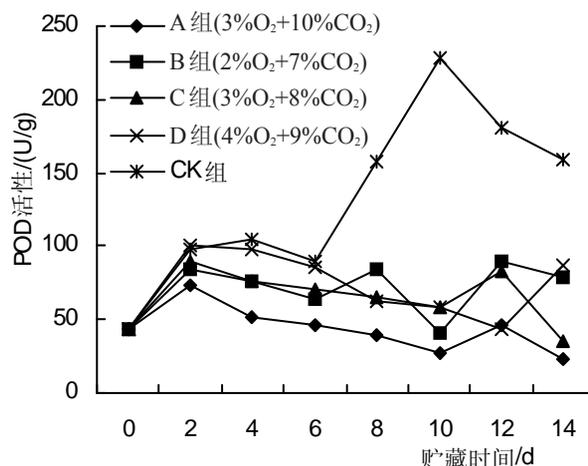


图7 气调包装保鲜对鲜切生菜POD活性的影响

活性,延缓组织的衰老。

**2.2.8 气调包装保鲜对鲜切生菜感官的影响** 表3表明鲜切生菜贮藏至14天,A组的感官评分最好,B组其次,对照组最差,贮藏至第4天就达到了商品界限,并且随着贮藏时间的变化,其腐烂程度越来越严重,C组和D组分别贮藏至8天和6天时也出现了褐变和腐烂,失去食用价值。B组至第14天叶片切口处出现轻微的腐烂现象,但在整个贮藏过程中几乎无褐变,说明低比例气体范围内高CO<sub>2</sub>低O<sub>2</sub>处理鲜切生菜可以在一定程度上抑制腐烂变质以及褐变发生。

表3 气调包装保鲜对鲜切生菜感官的影响

贮藏时间/d	A	B	C	D	CK
0	9	9	9	9	9
2	9	9	9	9	7
4	9	9	7	7	5
6	9	7	7	7	5
8	9	7	7	5	3
10	7	7	5	3	3
12	7	5	5	3	1
14	7	5	5	3	1

### 3 结论

试验结果表明,适宜的包装材料和O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>气体比例组合有利于延长鲜切生菜的保鲜期,在4℃条件下,采用3% O<sub>2</sub>+10% CO<sub>2</sub>气体比例用BOPP/PE包装材料进行气调包装,可以有效抑制微生物的生长和鲜切生菜的褐变,减少Vc、叶绿素等营养物质的损失,使生菜的保鲜期由4~5天延长至14天。

### 4 讨论

国内对鲜切生菜的气调包装保鲜的研究比较少见。沈莲清等<sup>[25]</sup>发现,生菜在初始气体O<sub>2</sub>为1.5%、CO<sub>2</sub>为2.0%条件下,用PE包装膜进行气调包装,贮于5℃下,可保鲜20天以上。前人的研究多是在整菜的基础上,使用一种固定的包装膜,对填充的气体比例进行筛选,随着现代生活水平的提高,鲜切生菜的需求越来越多,因此延长鲜切生菜的货架期,具有极大的开发和推广价值。笔者不仅研究了最适合鲜切生菜气调包装保鲜的最适气体比例,还选择了最佳的包装材料,本研究只是初步得出BOPP/PE对生菜气调保鲜效果最佳,但是对于BOPP/PE这种高阻隔性材料的技术参数以及保鲜原理还需后续进一步研究。总体来看气调包装保鲜在生菜保鲜具有非常广阔的应用前景,需要对其进行更深入的研究和支持,从而推动气调包装保鲜技术的进一步发展。

### 参考文献

- [1] 国家统计局.2013年中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013:334-335
- [2] 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.
- [3] 荣建华,闵光,赵思明.不同贮藏方式对生菜品质的影响[J].华中农业大学学报,2007,4:574-576.
- [4] Koraddi V V, Devendrappa S. Analysis of physiological loss of weight of vegetables under refrigerated conditions[J]. International Journal of Farm Sciences,2012,1(1):61-68.
- [5] 王文生,杨少桢.果品蔬菜保鲜包装应用技术[M].北京:印刷工业出版社,2008:234.
- [6] 韦阳连,黄小凤,余金昌,等.叶菜保鲜技术研究进展[J].广东农业科学,2011,4:91-93.
- [7] Bhat S. Minimal processing and preservation of fruits and vegetables by active packaging[J]. International Journal of Herbal Medicine,2013,1(2):131-138.
- [8] 何松元,崔立华,黄俊彦.新鲜果蔬的气调包装技术[J].包装世界,2008,5:42-43
- [9] 张克宏,杜俊娟.叶菜类蔬菜气调保鲜包装研究[J].包装工程,2007,1:49-52.
- [10] 王相友,李霞,王娟,等.气调包装下果蔬呼吸速率研究进展[J].农业机械学报,2008,8:94-100,78.
- [11] 李炳义,曹新芳.小型瓜果蔬菜气调保鲜库[J].新疆农机化,2002(3):31-32.
- [12] 李喜宏,陈杨,邢亚阁,等.生菜专用保鲜膜的研制与应用[J].食品工业科技,2008,10:209-210,215.
- [13] Nandane A S, Jain R K. Value addition of fruits and vegetables by edible packaging: Scope and constraints[J]. A Journal of Food Science & Technology,2011,1(1):1-11.
- [14] Rahman M M, Miruddin M, Chowdhury M G F, et al. Effect of different packaging systems and chlorination on the quality and shelf life of green chili[J].Bangladesh Journal of Agricultural Research,2013,37(4):729-736.
- [15] 王宏,董大远.清洗剂对生菜贮藏保鲜效果的影响[J].食品研究与开发,2006,8:153-156.
- [16] 石蕊,陈湘宁,许丽,等.不同成熟度对散叶生菜采后生理品质的影响[J].安徽农业科学,2014,12:3700-3703,3767.
- [17] 韩育梅,赵丽芹,张曦,等.河套蜜瓜采后生理与保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工,2006,3:16-18.
- [18] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2001:134-138,246-248.
- [19] Facundo Gomez, Laura Fernandez. Heat shock increases mitochondrial H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production and extends postharvest life of spinach leaves[J].Postharvest Biology and Technology,2008(49):229-234
- [20] 饶先军,刘升,王则金,等.结球生菜多酚氧化酶动力学特性研究[J].食品工业科技,2011,9:80-82.
- [21] 石学彬.纳米包装材料对鲜切西兰花、生菜的保鲜作用研究[D].南京:南京农业大学,2009.
- [22] Agüero M V, Ponce A G. Lettuce quality loss under conditions that favor the wilting phenomenon[J].Postharvest Biology and Technology,2011(59):124-131
- [23] 杨绍兰,丁君,李晓娜,等.低温下不同包装方式对生菜贮藏品质影响的研究[J].食品研究与开发,2015,11:127-131.
- [24] 张引成,雷云,王志英,等.二氧化碳气调包装对鲜切结球莴苣贮藏品质和生理的影响[J].食品科学,2012,8:318-322.
- [25] 沈莲清,王向阳,聂保杰,等.MAP技术保鲜生菜的研究[J].食品科学,1998,9:54-56.