

不同阻隔性包装材料对生菜保鲜效果的影响

Effects of different barrier packaging materials on preservation of lettuce

马涌航^{1,2} 刘建新³ 陈湘宁^{1,2} 杨肖飞³

MA Yong-hang^{1,2} LIU Jian-xin³ CHEN Xiang-ning^{1,2} YANG Xiao-fei³

(1. 北京农学院食品科学与工程学院, 北京 102206; 2. 农产品有害微生物及农残检测与控制北京市重点实验室, 北京 102206; 3. 北京裕农优质农产品种植公司, 北京 101400)

(1. Department of Food Science and Engineering, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China; 2. Beijing Key Laboratory of Agricultural Product Detection and Control of Spoilage Organisms and Pesticide Residue, Beijing 102206, China; 3. Beijing Yunong Quality Agricultural Products Cultivation Company, Beijing 102206, China)

摘要:为了研究不同阻隔性包装材料对采后生菜保鲜效果的影响,选择低密度聚乙烯膜(LDPE)、聚乙烯膜(PE)、高密度聚乙烯膜(HDPE)、乙烯—乙烯醇共聚物/聚乙烯复合膜(EVOH/PE) 4 种包装材料对生菜进行气调包装,并设置无包装组作为对照,置于 4℃ 的冷库中贮藏。贮藏期间,定期对各组生菜感官、失重率、叶绿素含量、相对电导率以及袋内气体组分等指标进行测定。结果表明,第 6 天时,对照组生菜因失水严重而失去商品价值;EVOH/PE 组中 O₂ 即将耗尽,CO₂ 比例达到 20.3%,袋内出现酒精气味;其它 3 组袋内 O₂ 比例均先降低,在小范围内呈波动性变化,CO₂ 比例先升高后相对平稳。HDPE 组贮藏时间达 18 d,保鲜效果最好。阻隔性适宜的包装材料可以有效提高生菜的保鲜效果,延长保鲜期。

关键词:生菜;包装材料;贮藏品质;保鲜

Abstract: In order to investigate the effect of different barrier packaging materials on the preservation of harvested lettuce. Lettuces were encased in modified atmosphere packaging (MAP) with LDPE, PE, HDPE and EVOH/PE films and stored at 4℃, while the ones without packaging were used for comparison under the same conditions. During storage, the gas composition in packaging, sensory quality, weight loss, chlorophyll content and relative conductivity of lettuces were measured regularly. On the sixth day, lettuces in the control group lost the commodity value due to serious water loss. In the EVOH/PE group, O₂ was running out and the CO₂ ratio reached

20.3%. It also produced an alcohol smell in the bag. The O₂ ratio in the other three groups decreased first, then fluctuated within a small range, and the proportion of CO₂ increased first and then relatively stable. The preservation effect of HDPE group was the best, and the storage time could reach 18 days. Barrier suitable packaging materials could effectively improve the preservation effect of lettuce, therefore their shelf life was extended.

Keywords: Lettuce; packaging materials; storage characteristic; preservation

叶用莴苣俗称生菜(var. *ramosa* Hort),为菊科莴苣属 1 年生或 2 年生,草本作物,不仅在中国销量大,而且也深受欧洲国家人们的喜爱^[1]。生菜具有利尿和促进血液循环等功效^[2],适宜维生素缺乏、肥胖神经衰弱等患者食用^[3]。本试验的研究对象为美国大速生菜,植株生长紧密、散叶型、叶片多皱、倒卵形、叶缘波状、叶色嫩绿^[4]。较其它生菜品种生长速度快,生育期 45 d 左右,品质甜脆,无纤维,不易抽薹,是人们最喜爱的大众蔬菜之一^[5]。

生菜的贮藏方式有低温保鲜、保鲜剂保鲜等,这些都不不同程度地延长了生菜的货架期^[6-7],但也存在着一些缺陷,比如能耗较高、有化学污染或危害健康等。目前缺乏只针对生菜的特定保鲜技术手段^[8-10]。气调包装是将生菜贮藏于塑料包装材料中,由于通常情况下塑料包装材料对 CO₂ 的渗透性相对于 O₂ 高,因此通过呼吸积累的 CO₂ 累计率就小于相应 O₂ 的消耗率,当生菜在薄膜中进行呼吸交换 O₂ 和 CO₂ 数量相等时,即组成 O₂、CO₂、N₂ 较稳定的组合气体,从而形成低浓度 O₂ 及高浓度 CO₂ 的气体氛围,最终可以实现降低生菜呼吸速率,延长贮藏期的目的^[11]。目前,还未见到针对生菜贮藏期间所用气调包装材料的相关研究,本试验用能耗低、安全有效的气调包装方法对生菜进行保鲜,研究不同阻

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(编号:CIT&TCD20150315);北京市科技计划项目(编号:Z161100004516004)

作者简介:马涌航,男,北京农学院在读硕士研究生。

通信作者:刘建新(1974—),男,北京裕农优质农产品种植公司农艺师,硕士。E-mail:228108736@qq.com

收稿日期:2017-06-13

隔性包装材料对保鲜效果的影响,旨在为生菜的保鲜方法以及耐贮性机理提供理论依据。

1 材料与方

1.1 材料

生菜:美国大速生,北京裕农优质农产品种植公司,手工采收经预冷后挑选大小适宜,色泽翠绿的生菜为试验对象;低密度聚乙烯膜(LDPE)、聚乙烯膜(PE)、高密度聚乙烯膜(HDPE)、乙烯—乙醇共聚物/聚乙烯复合膜(EVOH/PE);规格均为 280 mm×290 mm,相关参数见表 1(由气体渗透仪测得)。

表 1 不同包装材料的实测厚度值和透气系数

Table 1 The measured thickness value and permeability coefficient of different packaging materials

包装材料	膜厚度/ μm	透气系数/ (mL·m ⁻² ·d ⁻¹ ·MPa ⁻¹)			水蒸气透过量/ (g·m ⁻² ·d ⁻¹)
		CO ₂	O ₂	N ₂	
PE	34.3	5.4×10 ⁴	4.5×10 ⁴	3.4×10 ⁻²	6.2
HDPE	37.1	4.5×10 ⁴	2.6×10 ⁴	2.2×10 ⁻²	4.6
EVOH/PE	75.6	2.8	5.2	6.0×10 ⁻⁵	2.9
LDPE	27.8	1.1×10 ⁵	9.5×10 ⁴	1.6×10 ⁻¹	8.5

1.2 试剂

抗坏血酸、氢氧化钠、正己烷、丙酮、无水乙醇、氯化钠:分析纯,北京市化工厂。

1.3 主要仪器

电子天平:AL204 型,梅特勒-托利多仪器有限公司;紫外分光光度计:TU-1810 型,北京普析通用仪器有限公司;台式离心机:L530 型,湖南赫西仪器装备有限公司;多功能气调包装机:AVS 500 型,北京盛耀轩有限公司公司;顶空气体分析仪:CheckMate 3 型,北京丹贝尔仪器有限公司;压差法气体渗透仪:CLASSIC 216 型,济南兰光机电技术有限公司。

1.4 方法

1.4.1 试验设计 挑选出洁净、新鲜、大小均匀(每颗约 150 g)、无机械伤和病虫害的生菜,分别装入上述 4 种材料的包装袋内,充入空气(21.1% O₂,0.1% CO₂,78% N₂)并封口,将未包装的生菜作为对照组(CK),一同放入温度为 4℃的冷库贮藏。每隔 2 d 对每组生菜的感官、失重率、叶绿素含量、相对电导率以及袋内气体组分等指标进行测定,每组样品设置 3 个平行。

1.4.2 感官评价 采用 9 分制评分法^[12],感官质量评价小组由 10 名经过感官训练的成员组成。对感官特征包括褐变度、质地、气味和商品性进行评判,评分标准见表 2,评分保留到小数点后一位。

表 2 感官评分标准[†]

Table 2 Criteria for sensory evaluation

分数	标准
9	品质完好,生菜的组织新鲜脆嫩,有生菜特有的香气,无褐变现象,可稍有干燥
7	品质较好,生菜颜色轻微黯淡,香气不明显,但整体仍然没有褐变腐烂现象
5	商品界限,生菜出现肉眼可见的极轻微褐变,无异味,无腐烂,可食
3	品质较差,生菜局部褐变,轻微异味,稍有腐烂,不可食
1	完全坏掉,生菜褐变腐烂严重,异味明显,不可食

[†] 当分值平均数≤5 时,样品被认为是不能接受的。

1.4.3 失重率的测定 采用称量法^[13]。称量第 0 天的生菜并记录下初始数据,然后每隔 2 d 对样品进行称量并记录。

1.4.4 叶绿素含量的测定 采用分光光度法^[14]。

1.4.5 相对电导率的测定 参考文献^[15]。

1.4.6 气体组分测定 利用气体渗透仪对包装袋内 O₂及 CO₂的体积分数进行测定。

1.5 数据处理与统计分析

采用 Microsoft Excel 2010 软件对结果进行处理,通过 SAS 计算机程序(SAS Statistic 9.0)对数据进行单因素方差分析,通过最小显著差异(LSD)检验,P<0.05 为差异显著,P<0.01 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 对生菜感官品质的影响

感官评价是果蔬品质的重要评价手段之一,不同贮藏时期的颜色、气味、质地等参数可以最直接反映出生菜品质的好坏。由图 1 可知,贮藏期间,各组感官品质均呈下降趋势,说明气调包装无法完全抑制生菜的感官品质劣变进程。贮藏 18 d 时,HDPE 组的感官评分显著(P<0.01)高于其他各组,生菜仍能保持其原有的色泽,质地较硬,口感脆嫩,商品价值较高,PE 组感官稍低于商品界限(5 分),其余各组均失去商品价值。EVOH/PE 组在整个贮藏期间感官评分最低,且贮藏 6 d 时袋内出现轻微异味,贮藏 9 d 时失去商品价值,12 d 时出现腐败,与其他各组形成显著差异(P<0.01),说明高阻隔性的包装材料会过早造成无氧呼吸,不利于生菜的贮

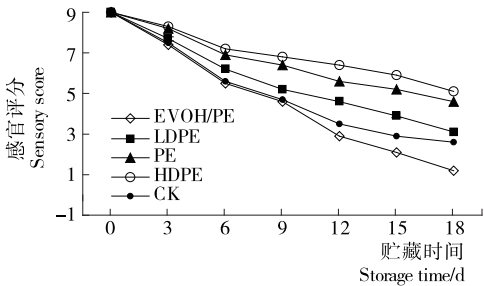


图 1 不同包装材料内生菜感官品质的变化
Figure 1 Changes in the sensory indexes of lettuce under different packing materials

藏。CK 组由于没有包装,蒸腾作用旺盛,贮藏 9 d 时失水严重而失去商品价值。LDPE 组透氧率较大,对生菜呼吸作用抑制不明显,贮藏 12 d 时生菜出现褐变,失去商品价值。从感官品质的变化来看,HDPE 组感官品质变化幅度最小,有效延长了生菜的贮藏时间。

2.2 对生菜失重率的影响

叶类蔬菜采收后仍会进行呼吸和蒸腾作用等生理活动而造成失水,从而导致萎焉、皱缩、品质下降^[16],生菜为含水量(97%~98%)相对较大的叶类蔬菜^[17],水分是维持其品质的主要成分,因此失重率可以作为衡量生菜贮藏品质的重要指标。由图 2 可知,随着生菜的贮存时间延长,各组生菜的失重率均呈逐渐上升趋势,贮藏 3 d 时 CK 组失重率达到 13.4%,与其他组差异显著($P<0.05$),18 d 时差异极显著($P<0.01$),失重率为 26.5%。贮藏 9 d 时 EVOH/PE 组失重率为 10.9%,与其他包装组差异极显著($P<0.01$),这是由于 EVOH/PE 材料阻隔性过高,贮藏期间迫使生菜进行无氧呼吸,产生酒精等物质,加速了生菜的腐败,使失重率增加。其他 3 组生菜的失重率在贮藏期内均缓慢上升,且相互之间差异不显著,贮藏 18 d 时失重率均为 9%左右。可以看出蒸腾作用是采后生菜失水的主要途径,对生菜进行包装可以有效降低生菜的蒸腾作用,减少水分散失。阻隔性过高的包装材料虽然在贮藏前期同样可以降低生菜的失重率,但由于造成了生菜的无氧呼吸,使后期失重率又逐渐升高。说明适宜阻隔性的包装材料可以有效降低生菜的水分丧失。

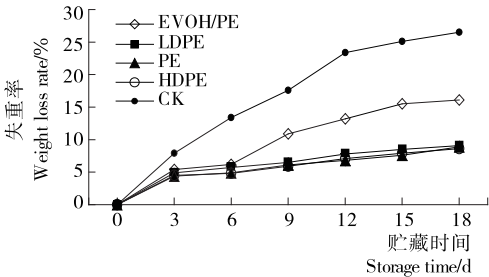


图 2 不同包装材料内生菜失重率的变化

Figure 2 Changes in the weight loss rate of lettuce under different packaging materials

2.3 对生菜叶绿素含量的影响

随着贮藏时间延长,生菜无法进行光合作用,叶绿素会逐渐分解而使绿色消退,鲜嫩度下降从而导致菜叶的黄化,因此叶绿素含量是体现生菜贮藏品质的重要指标^[18]。由图 3 可知,在贮藏初期,各组生菜叶绿素含量均为 1.8 mg/g,不同包材内生菜的叶绿素含量均逐渐降低,贮藏 6 d 时各组叶绿素含量差异显著($P<0.05$),其中 EVOH/PE 组的叶绿素含量下降速度加快,原因可能是该组生菜进行了无氧呼吸,使细胞组分遭到破坏, Mg^{2+} 的流失加速了叶绿素含量的降低。CK 组和 LDPE 组虽然未进行无氧呼吸,但其有氧呼吸基本未受到抑制,加上 O_2 含量相对较高,使叶绿素快速被氧化分解。HDPE 组 18 d 时叶绿素含量为 0.86 mg/g,是 CK

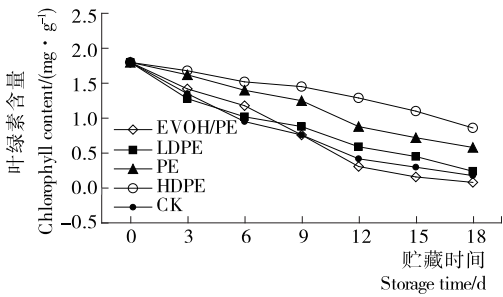


图 3 不同包装材料内生菜叶绿素含量的变化

Figure 3 Changes in the chlorophyll content of lettuce under different packaging materials

组的 5 倍,与其他各组差异极显著($P<0.01$),由此可见,HDPE 组在整个贮藏过程中一直保持着较弱的呼吸强度,有效延缓了叶绿素含量的降低。

2.4 对生菜相对电导率的影响

相对电导率是衡量细胞膜透性的重要指标,其值越大,表示电解质的渗漏量越多,细胞膜受损害程度越重^[19]。由图 4 可知,4 种包装材料内生菜的相对电导率在前 6 d 差异不显著,而 CK 组在 6 d 时与其他各组差异极显著($P<0.01$),可能是 CK 组暴露在空气中,水分蒸发较快,使细胞失水破裂,内容物漏出导致。EVOH/PE 组贮藏 12 d 时相对电导率升高速率变快,18 d 时达到最高(28.7%),说明该组生菜细胞加速死亡,可能是无氧呼吸使细胞无法正常地进行生理活动,从而使生菜腐烂变质。其他 3 组生菜的相对电导率变化趋势基本一致,其中 HDPE 组数值始终保持在最低水平,并在 18 d 时与其他组差异极显著($P<0.01$),说明适宜阻隔性的包装材料可以延长采后生菜细胞的存活时间,从而延长生菜的贮藏期。

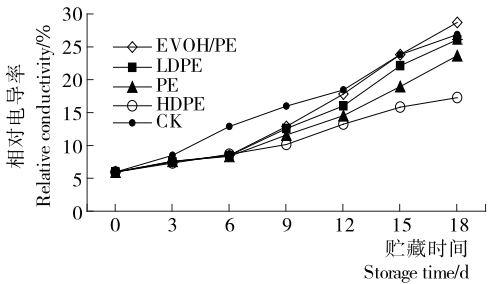


图 4 不同包装材料内生菜相对电导率的变化

Figure 4 Changes in the relative conductivity rate of lettuce under different packaging materials

2.5 不同包装材料内气体组分的变化

由图 5 可知,不同包装材料内 O_2 变化差异极显著($P<0.01$),EVOH/PE 组贮藏 6 d 时 O_2 含量降低到 0.5%,几乎耗尽;HDPE 与 PE 组的 O_2 含量从第 0 天开始下降,到 9 d 时趋于平缓,并分别围绕 5.5% 和 9.0% 上下波动;LDPE 组从第 6 天开始, O_2 含量就维持在 18%~20%。由图 6 可知,EVOH/PE 组 CO_2 一直处于升高状态,贮藏 6 d 后升高速率降低,18 d 时含量达到 27.5%;HDPE 组贮藏 9 d 时 CO_2 浓

度达到最高,然后又缓慢下降;其他 2 组 CO₂ 浓度维持在较低水平。EVOH/PE 组由于对 O₂ 和 CO₂ 阻隔性都很高,使得袋内气体成分基本与外界隔绝,从第 6 天开始袋内生菜就开始进行无氧呼吸,使生菜品质快速下降。LDPE 组阻隔性较差,其袋内气体组分与空气相差不大,对生菜的呼吸作用几乎没有抑制作用。HDPE 与 PE 组通过自发调节,最终袋内气体组分均比较稳定有利于生菜的贮藏。

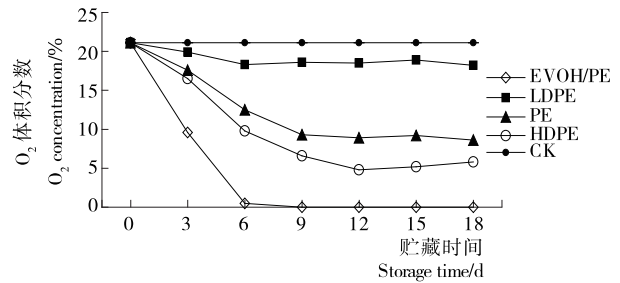


图 5 不同包装材料内 O₂ 体积分数的变化

Figure 5 Change of O₂ concentration in different packaging materials

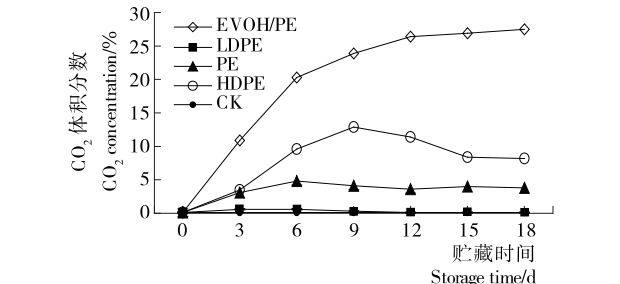


图 6 不同包装材料内 CO₂ 体积分数的变化

Figure 6 Change of CO₂ concentration in different packaging materials

3 结论

通过对 4 种不同阻隔性的包装材料进行生菜保鲜试验得知,适宜阻隔性的包装材料可降低生菜水分流失、保持细胞活性、减缓叶绿素的降解,有效延长生菜的贮藏时间。该试验中,以 HDPE 包装材料效果最好,是由于 HDPE 包装材料阻隔性以及透水率适中,可以使生菜贮藏于相对低 O₂ 环境下,且 CO₂ 浓度适宜,不会造成 CO₂ 迫害,也不会造成无氧呼吸,对生菜具有较好的保鲜效果,具有一定的实际应用价值。

参考文献

[1] 杜传来,许天亮. 不同贮藏条件和包装方式对几种叶菜保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2009(2): 30-34.

[2] DANIEL Rico, ANA B Martin-Diana, CATHERINE Berry-Ryan. Optimisation of steamer jet-injection to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(3): 431-442.

[3] 陆国岐. 罗莎红等生菜品种繁育及生产关键技术[J]. 上海蔬菜, 2011(5): 14-15.

[4] 余江涛,谢晶. 生菜保鲜技术研究现状[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 226-229.

[5] 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.

[6] 王惠惠,王维民,陈于陇,等. 鲜切叶菜保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2013(2): 1-8.

[7] 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.

[8] RIZZO V, MURATURE G. Effects of packaging on shelf life of fresh celery [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90: 124-128.

[9] 孙金才,陈卉卉,赵川川. 鲜切生菜的保鲜工艺研究[J]. 食品与生物技术学报, 2015(4): 402-406.

[10] 余江涛,谢晶. 臭氧水处理结合气调包装对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 111-115.

[11] 陶瑛. 番茄与青豌豆气调包装工艺的试验与理论研究[D]. 无锡: 江南大学; 2005: 9.

[12] 张鲁刚,李娟,张明科,等. 不同化学试剂对切割白菜保鲜的影响[J]. 保鲜与加工, 2006, 6(2): 21-23.

[13] KIM K M. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushrooms[J]. Swiss Society of Food Science and Technology, 2006, 39(4): 365-372.

[14] 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): 3 700-3 703, 3 767.

[15] FACUNDO Gomez, LAURA Fernandez. Heat shock increases mitochondrial H₂O₂ production and extends postharvest life of spinach leaves[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008 (49): 229-234.

[16] 董雪临,张超,王宇滨,等. 运输时间对鲜切生菜品质的影响[J]. 食品科技, 2015(11): 334-337.

[17] 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.

[18] 曹娜,杜传来,张心怡,等. 加工和贮藏期间鲜切生菜品质变化研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015(7): 2 516-2 523.

[19] 刘忆冬,童军茂,单春会,等. 中华寿桃采后生理参数动态变化与贮藏效果相关性研究[J]. 粮油加工, 2008(5): 82-86.