

自发气调包装对鲜切白菜货架期的影响

冯岩岩^{1,2}, 王庆国¹

(1. 山东农业大学食品科学与工程学院, 山东泰安 271000)(2. 山东营养源食品科技有限公司, 山东济南 250000)

摘要:为延长鲜切白菜的货架期, 本文采用不同透气率和不同面积的气调窗与包装袋相结合进行试验, 通过对鲜切白菜包装内感官品质、气体成分进行统计和分析, 筛选和优化出鲜切白菜最适宜的气调包装。结果表明: 自发气调包装可有效改善鲜切白菜贮藏品质, 鲜切白菜适宜选用 O_2 和 CO_2 透过速率分别为 4×10^5 和 $1.6 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$, 透气比为 1:4 气调窗, 所需要气调窗的面积为 $1 \sim 2 \text{ cm}^2/\text{kg}$, 在 4°C 条件下至少可延长货架期 4 d; 综合计算气调窗和薄膜的透氧量可知, 适于鲜切白菜包装袋 O_2 和 CO_2 的透过量应分别为 $1.85 \times 10^3 \sim 2.08 \times 10^3$ 和 $8.59 \times 10^3 \sim 9.51 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{kg} \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$, 达到鲜切白菜的适宜气体浓度, O_2 为 3.63%~5.10%, CO_2 为 7.77%~8.07%。研制的自发气调包装袋可使鲜切白菜处于适宜的气体状态, 可很好地解决包装袋内由于无氧呼吸产生的异味问题, 且保留原有的鲜切白菜气味, 延长其货架期, 为鲜切企业提供有力的技术支持。

关键词: 鲜切; 白菜; 气调包装; 货架期

文章编号: 1673-9078(2019)12-151-156

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.12.020

Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Shelf-life of Fresh-cut Chinese Cabbage

FENG Yan-yan^{1,2}, WANG Qing-guo¹

(1. College of Food Science and Engineering, Shandong Agriculture University, Tai'an 271000, China)

(2. Shandong Yingyangyuan Food Technology Co. Ltd., Jinan 250000, China)

Abstract: The combination of the packaging bags with the modified atmosphere windows of different permeability and areas were studied for extending the shelf life of fresh-cut Chinese cabbage. The sensory quality and gas composition in the packaging bags were analyzed in order to screen the optimum modified atmosphere packaging (MAP) of fresh-cut Chinese cabbage. The results showed that the optimum MAP could effectively improve the storage quality of fresh-cut Chinese cabbage. The suitable modified atmosphere window for fresh-cut Chinese cabbage was as follows: the transmittance rates of O_2 and CO_2 were 4×10^5 and $1.6 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$ respectively, the permeability ratio was 1:4, and the area of Chinese cabbage needed was $1 \sim 2 \text{ cm}^2/\text{kg}$, which can solve the problem of odor, and can maintain shelf quality for more than 4 days. Compared with the permeability of modified atmosphere window and film, the permeability amount of O_2 and CO_2 in packaging bags suitable for fresh-cut Chinese cabbage should be $1.85 \times 10^3 \sim 2.08 \times 10^3$ and $8.59 \times 10^3 \sim 9.51 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{kg} \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$ respectively, and O_2 was 3.63%~5.10% and CO_2 was 7.77%~8.07%, when the appropriate gas concentration was reached. The MAP bag not only can make fresh-cut Chinese cabbage in the appropriate gas state, but also can solve the odor problem caused by anaerobic breathing, retain the original smell of fresh-cut cabbage, and prolong its shelf life, so as to provide strong technical support for fresh-cut enterprises.

Key words: fresh-cut; Chinese cabbage; modified atmosphere packaging; shelf-life

鲜切果蔬可直接烹调或食用, 更符合当代人们对天然、营养、快节奏的生活的追求, 越来越受欢迎^[1]。但鲜切果蔬在进行加工时很容易造成机械伤, 使呼吸速率增大, 代谢活动增强, 加速果蔬的衰老, 此外还会造成水分和营养成分的流失, 也更容易受到微生物

收稿日期: 2019-07-18

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (ZR2013CM012); 山东省泰山产业领军人才项目 (LJNY201702); 山东省农业重大应用技术创新项目

作者简介: 冯岩岩 (1988-), 女, 硕士, 研究方向: 果蔬采后保鲜

通讯作者: 王庆国 (1965-), 男, 教授, 研究方向: 果蔬采后保鲜

的侵染^[2]。因此为了解决这些问题, 延长鲜切果蔬的货架期, 对鲜切果蔬保鲜技术的研究尤为重要。

包装为鲜切果蔬流通中的一个重要环节, 目前多采用真空包装^[3]、充气包装^[4]、涂膜包装^[5]等方式, 但有的效果不好, 有的成本较高或者操作繁琐, 因此寻求一种更加简单、安全、成本较低的保鲜技术尤为重要。自发气调包装操作简单、成本低、效果好, 是新鲜果蔬常用的一种保鲜方法^[6-9], 但是自发气调包装气体成分不稳定, 容易使 O_2 浓度过低造成无氧呼吸和 CO_2 浓度过高对鲜切蔬菜造成损害。气调窗包装则是

在气调保鲜研究的基础上,利用镶嵌在塑料薄膜袋上的硅橡胶膜进行包装袋内外气体调节,硅橡胶膜因对 O_2 和 CO_2 的透过有选择作用,能在一定程度上调控包装袋内的气体成分,以保证被贮藏产品处在适宜环境中,避免无氧呼吸,从而延长货架期的一种保鲜方法^[10,11]。在我国,气调窗包装保鲜已成功用于蒜薹保鲜,同时其他果蔬上也有较好的实验效果,如青椒进行气调包装可贮藏1个月^[12]。但其在鲜切白菜保鲜的研究及应用还尚未报道。

通过对市场调查发现,鲜切白菜的需求量较大,目前多采用托盘覆膜、直接装袋的形式包装,其包装问题一直没有得到很好的解决,因此本实验分别进行了适于鲜切白菜的自发气调包装袋研制及应用研究,包括气调窗类型及面积的筛选,进而确定自发气调包装袋的 O_2 、 CO_2 透过量指标,以及包装袋的保鲜效果研究,为鲜切企业提供一定的技术支持。

1 材料与方法

1.1 原料

市售白菜:购于山东泰安农贸市场,于4℃的冷库预冷,原料要求新鲜、无黄化、无腐烂、无机械伤。

本实验所用包装袋和气调窗均由山东营养源食品科技有限公司提供,经实验室和营养源共同筛选,最终确定包装袋的膜材料为两层复合薄膜,厚度为45 μm ,该复合薄膜 O_2 和 CO_2 透过速率分别为 1.42×10^2 和 $6.7 \times 10^2 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$,热封温度为180℃,所用的包装袋为25 cm×35 cm。所用气体窗及其透气性如下:

气调窗1: O_2 和 CO_2 透过速率分别为 5.0×10^5 和 $5.0 \times 10^5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$,透气比为1:1,记为MA1;

气调窗2: O_2 和 CO_2 透过速率分别为 4.0×10^5 和 $1.6 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$,透气比为1:4,记为MA2。

1.2 主要仪器设备

天平 ML204,梅特勒-托利多有限公司;手持式气体成分测定仪 PBI,丹麦丹圣 PBI-Dansensor 集团;塑料薄膜封口机,温州市兴业机械设备有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 适于鲜切白菜包装的气调窗初步筛选

白菜于4℃清水清洗后,用0.2 mL/L NaClO 溶液浸泡5 min,十字切开后,切丝,宽约1 cm,清洗后用0.05 mL/L NaClO 溶液浸泡5 min,沥水甩干后4℃条件下分别装入对照(无气调窗,记为CK)、镶嵌面积分别为1、2、3 cm^2 的MA1和MA2的包装袋

中,每袋装量500 g,分别用热封机封口,4℃贮藏。每个处理3个重复,每天进行观察,并对袋内气体成分进行测定。

1.3.2 适于鲜切白菜包装的气调窗优化和确认

原料挑选、处理及包装同1.2.1,分别装入对照(无气调窗)、镶嵌面积分别为0.5、1 cm^2 的MA2的包装袋中,每袋装量500 g。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 鲜切蔬菜感官评定

参考孙慧^[13]和 Alley and Ling^[14]的方法进行感官品质评价。总体质量评价:9分:极好,7分:好,5分:一般,3分:较差,1分:完全劣变;气味评分:5分:浓郁,4分:较浓郁,3分:较淡,2分:淡,1分:无;异常气味、变色、失水和腐烂的评分:1分:无,2分:轻微,3分:中度,4分:较严重,5分:极度严重。

1.4.2 气体成分测定

用PBI气体分析仪测定包装内的 O_2 和 CO_2 浓度,取出待测样品迅速将测试探针插入包装袋内进行抽气测定。测定前在包装上粘一个硅胶密封垫,测定针从密封垫扎入,防止外部空气进入影响测试结果,测定时重复测定数次,待测定值稳定后记录所得数值,结果记为各包装袋内的 O_2 和 CO_2 浓度百分比(%)^[15]。测定后再用透明胶带封住针孔。

1.4.3 单位重量蔬菜的自发气调包装气体透过量的计算

(1) 单位重量蔬菜包装膜面积 $S1 (\text{m}^2/\text{kg})$

$$S1 = \frac{l \times d \times 2}{m}$$

(2) 单位重量蔬菜气调窗面积 $S2 (\text{m}^2/\text{kg})$

$$S2 = \frac{S3}{m}$$

(3) 单位重量果实单位时间的氧气透过量 $Q1 (\text{cm}^3/\text{kg} \cdot \text{d} \cdot \text{atm})$

$$Q1 = \frac{S1 \times Qa1 + S2 \times Qa2}{l \times d \times 2}$$

(4) 单位重量果实单位时间的二氧化碳透过量 $Q2 (\text{cm}^3/\text{kg} \cdot \text{d} \cdot \text{atm})$

$$Q2 = \frac{S1 \times Qb1 + S2 \times Qb2}{l \times d \times 2}$$

其中: l : 包装袋的长, m ; d : 包装袋的宽, m ; m : 样品重量, kg ; 2: 为双面面积; $S3$: 气调窗面积, m^2 ; $Qa1$ 、 $Qa2$ 、 $Qb1$ 、 $Qb2$: 包装膜的氧气透过率、气调窗的氧气透过率、包装膜的二氧化碳透过率、气调窗的二氧化碳透过率

($\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$)。

1.5 数据统计分析

用 Excel 和 Sigma Plot 统计实验数据并作图, 实验结果以平均值±标准差表示。使用 SPSS 19.0 统计软件进行方差分析, $p < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与讨论

本实验拟通过呼吸自然降氧和气调窗调节, 使包装袋中鲜切蔬菜处于适宜的呼吸状态, 筛选出适宜鲜切白菜包装的气调窗, 以延长其贮藏期。

2.1 适于鲜切白菜包装的气调窗筛选

2.1.1 气调窗对鲜切白菜包装袋内气体成分的影响

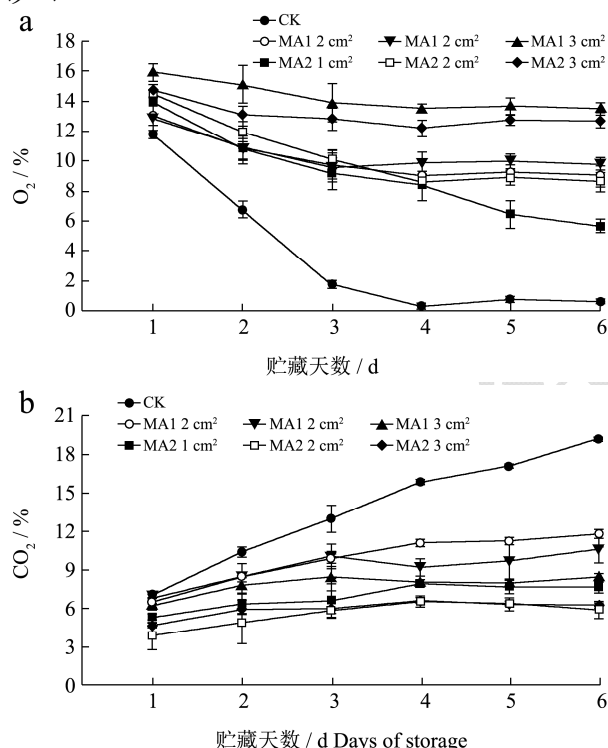


图1 不同气调窗对鲜切白菜包装内气体成分影响

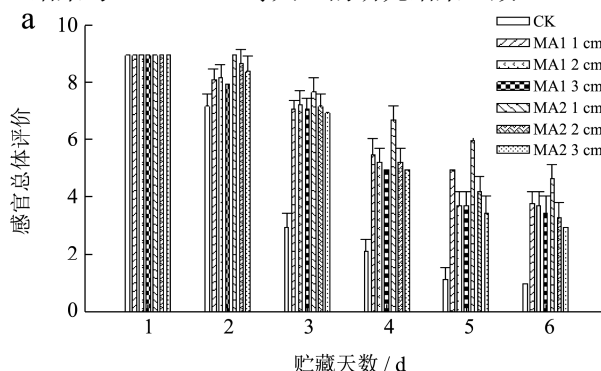
Fig.1 Effect of MA window on gas composition in fresh-cut Chinese cabbage packaging

气体成分的变化反映鲜切蔬菜的呼吸强度, O_2 含量过高或 CO_2 含量过低会促进鲜切蔬菜营养物质的氧化分解, 产生过氧化的异味; 反之, 则会因无氧呼吸产生酒精的气味, 因此适宜的气体环境对鲜切蔬菜包装尤为重要, 可抑制鲜切蔬菜的呼吸强度延缓衰老, 延长货架期^[16]。白菜的适宜气体浓度 O_2 为 1.5%~5%, CO_2 为 0~8%, 能较好的保持白菜的新鲜度^[17]。如图 1 所示, 气调窗面积越大, 袋内 O_2 含量越高, CO_2 含量越低; 随着贮藏时间的延长, CK (对照) 袋内 O_2 含

量迅速降低并稳定在 0.60%~0.70%, CO_2 含量不断升高; 处理组 O_2 含量明显高于对照, 呈先下降后趋于平稳趋势, 其中 MA 1 和 2 的 3 cm^2 贮藏第 3 d 后显著高于其他处理 ($p < 0.05$), 贮藏后期 O_2 含量分别稳定在 13.50%和 12.70%。MA 2 的 1 cm^2 贮藏第 5 d 开始显著低于其他处理 ($p < 0.05$), 贮藏至第 6 d O_2 含量为 5.68%; 处理组 CO_2 含量呈先缓慢上升后趋于平稳趋势, 贮藏后期显著低于对照, 其中 MA 1 的 1 cm^2 的 CO_2 最高, 贮藏后期 CO_2 含量大于 11.00%; MA 2 的 3 种不同面积的包装袋内含量较低, 贮藏至第 6 d 含量分别为 7.65%、5.85%、6.20%, 各处理间差异不显著 ($p > 0.05$)。结果表明气调窗包装可调节包装袋内 O_2 和 CO_2 的浓度, 但因气调窗面积不同会产生组间 O_2 和 CO_2 的成分差异, 尤其是贮藏后期, 而这种差异可能是导致贮藏品质差异的主要原因, 这与 Jiang 等人^[18]的研究结果一致, 原因可能是不同类型和面积的气调窗的对 O_2 和 CO_2 的扩散能力差异所致。

2.1.2 气调窗对鲜切白菜感官质量的影响

感官品质是判断鲜切产品货架期的重要标准。随着贮藏时间的延长, 鲜切白菜总体感官评价下降, CK 贮藏第 3 d 品质劣变, 总体评价分值降至 3.00 分, 处理组贮藏第 6 d 仍具有较好的品质, 其中 MA 2 的 1 cm^2 袋内品质最好, 总体评价分值为 4.67 分。对照和处理从第 3 d 失水, 切面由于失水发生轻微褐变, 其中处理组褐变稍轻, 但差异不显著 ($p > 0.05$)。气味和异味是影响包装袋内鲜切白菜品质的关键因素, 对照第 3 d 产生无氧呼吸的异味, 异味分值为 4.00 分, 失去商品价值, 处理组均无异味产生, 分值均为 1.00 分。贮藏至第 6 d, MA 2 的 1 cm^2 袋内具有较浓的新鲜白菜气味, 气味分值为 3.67 分, 其他处理袋内白菜味稍淡些, 介于 2~3 分范围内。结果表明气调窗包装对鲜切白菜采后贮藏效果影响显著, 尤其是对袋内气味和异味的影响最大, 原因可能是气调窗调节气体组成导致的。各处理组间差异, 原因可能是不同类型和面积的气调窗调节气体程度不同所致, 造成贮藏品质的差异, 这一结果与 Mansouri J 等人^[19]的研究结果一致。



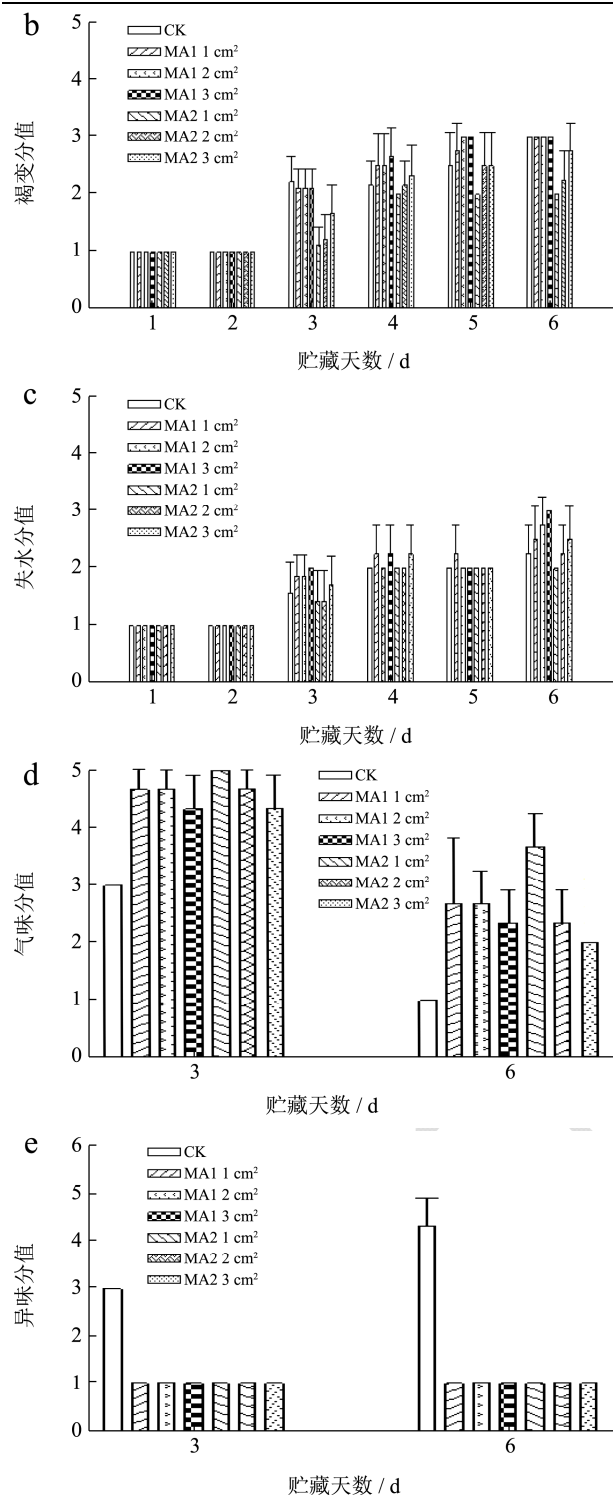


图2 不同气调窗对鲜切白菜感官质量的影响

Fig.2 Effect of different MA window on sensory quality of fresh-cut Chinese cabbage

综上所述,综合气体成分、感官、异味等指标,鲜切白菜在装量为500 g时,适宜用MA 2的1 cm²的包装袋进行包装,货架期达6 d以上;贮藏后期氧气为5%~6%,二氧化碳为7%~8%,最接近白菜的适宜气调贮藏浓度,下一步实验需要对此类型包装进行优化和确认。

2.2 适于鲜切白菜包装的气调窗优化和确认

2.2.1 气调窗对鲜切白菜包装袋内气体成分的影响

气调窗面积的大小会影响鲜切果蔬袋内的气体成分。如图3所示,随着贮藏时间的延长,CK袋内O₂含量逐渐降低,贮藏至第4 d降至2.28%,CO₂含量逐渐升高,与处理组相比,差异显著($p < 0.05$)。贮藏前期,处理组O₂含量逐渐降低,CO₂含量逐渐升高,贮藏后期,气体成分基本趋于平稳状态。MA 2的1 cm²比0.5 cm²袋内O₂含量稍高,贮藏至第7 d含量为4.85%,但CO₂含量基本一致,贮藏后期含量稳定在8.10%和7.65%左右。说明鲜切白菜专用气调包装袋可以有效地调节袋内气体组成,保证白菜贮藏期间处于适宜的气体之中并实现动态平衡,这一结果与Li等人^[20]的结果一致。

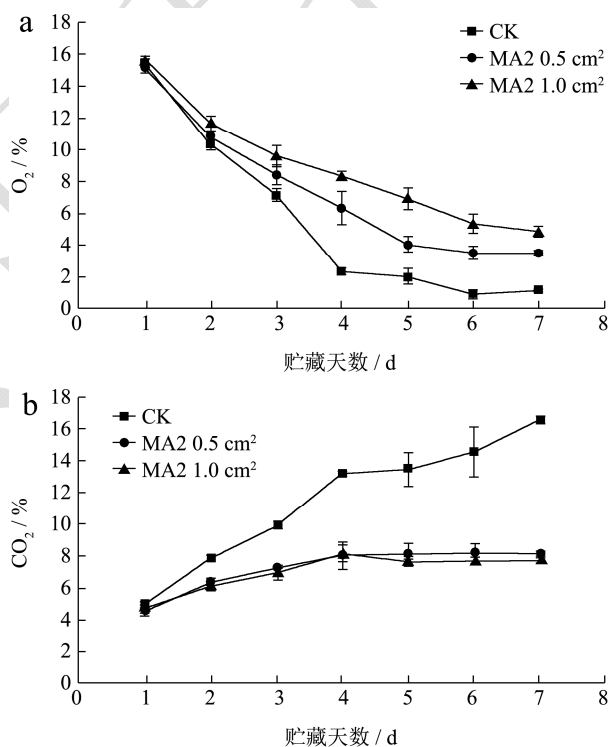


图3 不同气调窗对鲜切白菜包装内气体成分影响

Fig.3 Effect of MA window on gas composition in fresh-cut Chinese cabbage packaging

2.2.2 气调窗对鲜切白菜感官质量的影响

由表1可知,气味和异味对鲜切白菜包装袋内品质影响最大,贮藏至第7 d,CK袋内无原有的白菜气味,气味分值为1.00分,且无氧呼吸产生的异味较严重,异味分值为3.67分;而MA 2的0.5和1 cm²的包装均无异味,保持了最佳的白菜气味,气味分值分别为3.83分和3.67分,且基本无失水现象;对照和各处理都有变色现象但差异不显著($p > 0.05$);第7 d时,

对照总体评价分值为 1.00 分, 已完全劣变, 而处理组仍保留有商品价值, 总体评价均为 3.47 分。因此,

MA 2 的 $0.5\sim 1\text{ cm}^2$ 的包装袋可较好地保持袋内鲜切白菜感官品质, 保持原有的白菜气味, 无异味产生。

表 1 不同气调窗对鲜切白菜感官品质的影响 (7 d)

Table 1 Effects of different MA window on sensory quality of fresh-cut Chinese cabbage (7 d)

评价指标	变色 (1=无, 5=极度严重)	失水 (1=无, 5=极度严重)	异常气味 (1=无, 5=极度严重)	原有气味 (1=无, 5=浓郁)	总体评价 (1=完全劣, 9=极好)
对照	2.93±0.46	1.40±0.51	3.67±0.52	1.00±0.00	1.00±0.00
气调窗 2 0.5 cm^2	2.60±0.51	1.07±0.26	1.00±0.00	3.83±0.41	3.47±0.74
气调窗 2 1 cm^2	2.80±0.41	1.13±0.35	1.00±0.00	3.67±0.52	3.47±0.52

表 2 包装膜和气调窗气体透过量对白菜袋内气体成分的影响 (7 d)

Table 2 Influence of packaging film and MA window on gas composition in fresh-cut Chinese cabbage (7 d)

包装膜面积 /(m^2/kg)	气调窗面积 /(m^2/kg)	O_2 透过量 /($\text{cm}^3/\text{kg}\cdot\text{d}\cdot\text{atm}$)	CO_2 透过量 /($\text{cm}^3/\text{kg}\cdot\text{d}\cdot\text{atm}$)	时间/d	$\text{O}_2/\%$	时间/d	$\text{CO}_2/\%$
	0	283.20	1343.80	6	1.04±0.16	/	/
0.35	0.0001	1846.86	8593.14	5	3.63±0.28	4	8.07±0.08
	0.0002	2075.43	9507.43	6	5.10±0.35	4	7.77±0.24

2.3 适于鲜切白菜的包装袋透气量计算

本研究拟通过比较白菜包装内气体浓度和气体稳定所需要时间, 计算气调窗保鲜袋的透气能力, 得到气体成分稳定时所对应的保鲜袋的单位重量白菜、单位时间透气量。

表 2 为 1 kg 鲜切白菜适宜气调包装袋内稳定后气体含量与其对应的气调窗包装组合透气性, 从表中可知, 每 1 kg 鲜切白菜需要选用 MA 2 的面积为 $1\sim 2\text{ cm}^2$ 包装袋进行包装, 至少延长货架期 4 d。其单位重量白菜、单位时间 O_2 透过量为 $1.85\times 10^3\sim 2.08\times 10^3\text{ cm}^3/\text{kg}\cdot\text{d}\cdot\text{atm}$, CO_2 透过量应为 $8.59\times 10^3\sim 9.51\times 10^3\text{ cm}^3/\text{kg}\cdot\text{d}\cdot\text{atm}$, 贮藏后期袋内 O_2 含量在第 5~6 d 趋于稳定, 为 3.63%~5.10%, CO_2 含量在第 4 d 趋于稳定, 为 7.77%~8.07%。

3 结论

3.1 研制的自发气调包装袋可以很好地避免鲜切白菜袋内无氧呼吸产生异味, 延长货架期; 不同透气率和不同面积的气调窗对鲜切白菜的贮藏会产生不同的影响。

3.2 鲜切白菜适宜选用 O_2 和 CO_2 透过速率分别为 4×10^5 和 $1.6\times 10^6\text{ cm}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{atm}$, 透气比为 1:4 气调窗, 每 1 kg 白菜需要气调窗的面积为 $1\sim 2\text{ cm}^2$; 综合计算气调窗和薄膜的透气量可知, 适于鲜切白菜包装袋 O_2 和 CO_2 的透过量应分别为 $1.85\times 10^3\sim 2.08\times 10^3$ 和 $8.59\times 10^3\sim 9.51\times 10^3\text{ cm}^3/\text{kg}\cdot\text{d}\cdot\text{atm}$, 达到鲜切白菜的适宜气体浓度, O_2 为 3.63%~5.10%, CO_2 为 7.77%~8.07%; 此类型的鲜切白菜专用包装袋可很好的保持

袋内鲜切白菜的感官品质, 保留原有的鲜切白菜气味, 无异味产生, 在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 贮藏条件下可延长货架期 4 d 以上。

参考文献

- [1] 王博华. 鲜切青椒保鲜技术的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013
WANG Bo-hua. Study on the preservation technology of fresh-cut green pepper [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013
- [2] 俞颖强. 鲜切马铃薯保鲜技术研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015
YU Ying-qiang. The research of fresh-cut potato preservation technol [D]. Hangzhou: Zhejiang A & F University, 2015
- [3] David Beltrán, María V. Selma, Juan A. Tudela, et al. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 37(1): 37-46
- [4] Xu Shena, Min Zhang, Sakamon Devahastin, Zhimei Guo. Effects of pressurized argon and nitrogen treatments in combination with modified atmosphere on quality characteristics of fresh-cut potatoes [J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 149: 159-165
- [5] 殷诚, 黄崇杏, 黄兴强, 等. 可食涂膜在鲜切果蔬包装上的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(14): 212-218
YIN Cheng, HUANG Chong-xing, HUANG Xing-qiang, et al. Research progress of edible coatings in packaging of fresh-cut fruits and vegetables [J]. Food Research And

- Development, 2018, 39(14): 212-218
- [6] Ahvenainen R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables [J]. Trends in Food Science & Technology, 1996, 7(6): 179- 187
- [7] Church N. Developments in modified- atmosphere packaging and related technologies [J]. Trends in Food Science & Technology, 1994, 5(11): 345- 352
- [8] Ohlsson T. Minimal processing- preservation methods of the future: An overview [J]. Trends in Food Science & Technology, 1994, 5(11): 341-344
- [9] Jacxsens L, Devlieghere F, Debevere J. Validation of a systematic approach to design equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut produce [J]. LWT-Food Science and Technology, 1999, 32(7): 425- 432
- [10] 李铁华,张敏.硅窗气调包装保鲜贮藏茶树菇呼吸特性与贮藏品质的研究[J].食品与机械,2007,23(1):39-43
- LI Tie-hua, ZHANG Min. Study on the respiration and quality change of the stored *Agrocybe chaxingu* with silicon gum film window for modified atmosphere packaging [J]. Food & Machinery, 2007, 23(1): 39-43
- [11] 部建雯,魏雯雯,迟晓君,等.硅窗气调包装对白芦笋贮藏品质的影响[J].中国果菜,2017,37(2):1-2
- BU Jian-wen, WEI Wen-wen, CHI Xiao-jun, et al. Effect of modified atmosphere packaging with silicon gum film window on white *Asparagus* [J]. China Fruit and Vegetable, 2017, 37(2): 1-2
- [12] 魏雯雯,冯建华,杨相政,等.1-MCP 和硅窗袋气调包装对青椒贮藏品质的影响[J].食品科技,2014,39(7):52-55
- WEI Wen-wen, FENG Jian-hua, YANG Xiang-zheng, et al. Effect of 1-MCP and silicon gum film modified atmosphere packaging on quality retention during storage of green pepper [J]. Food Science and Technology, 2014, 39(10): 52-55
- [13] 孙慧.切割蔬菜在加工流通过程中的品质保持技术[J].食品科学,1991,2:12-18
- SUN Hui. Quality maintenance techniques for cutting vegetables during processing and circulation [J]. Food Science, 1991, 2: 12-18
- [14] Alley E W, Ling Q. Quality of fresh cut produce [J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 15 (1): 201-205
- [15] 祝贺,吴健,邢艳霞,等.硅窗气调包装对黄秋葵采后贮藏品质的影响[J].现代食品科技,2019,35(2):102-108
- ZHU He, WU Jian, XING Yan-xia, et al. Effect of silicon window packaging on storage quality of okra [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(2): 102-108
- [16] Tiehua Li, Min Zhang. Effects of modified atmosphere package(MAP) with a silicon gum film window on the quality of stored green *Asparagus (Asparagus officinalis L)* spears [J]. LWT-Food Scienceand Technology, 2015, 60(2): 1046-1053
- [17] Kenneth C Gross, Chien Yi Wang, Mikal Saltveit. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks [M]. UAS: United States Department of Agriculture, 2016
- [18] Jiang A L, Tian S P, Yong X U, et al. Effects of different atmospheres on the postharvest physiology and quality of the sweet cherry [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 1(5): 555-561
- [19] Mansouri J, Wood C A, Roberts K, et al. Investigation of the ceramifying process of modified silicone-silicate compositions [J]. Journal of Materials Science, 2007, 42(15): 6046-6055
- [20] Li Tiehua, Zhang Min, Wang Shaojin. Effects of temperature on *Agrocybe chaxingu* quality stored in modified atmosphere packages with silicon gum film windows [J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(6): 965-973

(上接第 207 页)

- [39] 任力申,曹新志,熊俐,等.浓香型大曲中酯化酶提取工艺的研究[J].酿酒科技,2015,5:15-20
- REN Li-shen, CAO Xin-zhi, XIONG Li, et al. The extracting techniques of esterifying enzyme from Nongxiang daqu [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2015, 5: 15-20
- [40] 施安辉,周波.酯酶的微生物类群、酯化特性及其应用前景[J].中国酿造,2002,6:14-16
- SHI An-hui, ZHOU Bo. Study on the esterase-producing microflora, esterase characteristic and application of esterase [J]. China Brewing, 2002, 6: 14-16
- [41] 杨牢记,徐敏锐,祝熙,等.浓香型酒醋发酵过程中主要酶系酶活变化规律研究[J].酿酒,2017,44(4):48-51
- YANG Lao-ji, XU Min-rui, ZHU Xi, et al. Study on change rule of enzymatic activities for main enzymes in Luzhou flavor fermented grains during fermentation period [J]. Liquor Making, 2017, 44 (4): 48-51