

绿芦笋自发气调贮藏保鲜袋的设计和 适宜气体组成确定

周志才, 王美兰, 李长海
(烟台大学化学生物理工学院, 山东 烟台 264005)

摘 要: 以产品呼吸和薄膜渗气在一定条件下达到平衡时, 能自发调节保鲜袋内 O_2 和 CO_2 浓度为依据, 用改变薄膜厚度、面积、贮藏量的方法调节袋内气体组成。在大量试验数据基础上, 用计算机回归设计的芦笋自发气调贮藏保鲜袋, 能够使芦笋贮藏保持在 $3.2\% \sim 8.3\% O_2$; $3.5\% \sim 5.3\% CO_2$ 的适宜气组成范围内, 保鲜效果优良。
关键词: 绿芦笋; 自发气调; 适宜气体; 保鲜袋设计

Study on Designing Modified Atmospheres Storage and Determining the Fit Composition of Gas of Asparagus

ZHOU Zhi-cai, WANG Mei-lan, LI Chang-hai
(College of Chemistry and Biology, Yantai University, Shandong 264005, China)

Abstract: The balance of the respiration of the vegetables and the permeation through the plastic films could be gotten in certain conditions and could spontaneously control the concentration of oxygen and carbon dioxide in the storage preservation bags. Thus, we designed the MAP for asparagus by means of changing the thickness (D), the area (A) and the storage (W) of the films to control the gas composition inside the package. On the basis of a large amount of experiment data, a modified atmosphere storage package for asparagus was designed by computer regression, which could store asparagus in a fit composition of gas ($3.2\% \sim 8.3\% O_2$, $3.5\% \sim 5.3\% CO_2$) and keep the asparagus fresh and delicious.

Key words: asparagus; MA(modified atmosphere); fit composition of gas; modified atmosphere storage package

中图分类号: R154

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)12-0235-03

芦笋(*Asparagus officinalis* L)俗称石刁柏、龙须菜, 属多年生宿根草本植物, 以抽生的嫩茎为鲜食蔬菜。绿芦笋是一种风味独特、低热量、高营养的保健蔬菜, 富含多种氨基酸、碳水化合物、维生素、矿物质及药用成分天门冬酰胺等。在食疗保健中, 有增进食欲, 帮助消化, 缓解疲劳、滋肾强体之功效。绿芦笋在欧美、韩国、日本等国家极受欢迎, 被视为高档保健蔬菜, 越来越受消费者的认可和青睐, 是收益很高的创汇农产品。由于绿芦笋可食部分是初发嫩茎, 从萌发至收获的生长期很短, 采后水分含量较高, 呼吸旺盛, 伸长率增加, 水分及营养物质大量消耗, 粗纤维增加, 导致嫩茎品质变劣, 降低商品价值, 甚至失去食用价值。常温常压下只能贮藏 1~2d, 极易造成产地货物积压而腐烂变质。目前对绿芦笋的贮藏保鲜技术主要包

括: 冷藏^[1], 气调贮藏^[2~4], 一次性充气 MAP 贮藏^[5], 用打孔的 PE 袋包装贮藏^[6]等, 但以产品呼吸和薄膜渗气在一定时间内达到动态平衡为依据, 用改变薄膜厚度、面积、贮藏量的方式, 自发调节袋内的气体组成, 通过对贮藏前后绿芦笋品质指标的测定, 确定绿芦笋贮藏的适宜贮藏参数的有关报道甚少。本文以试验数据为依据, 自行设计自发气调保鲜袋, 用于贮藏绿芦笋, 确定芦笋适宜气体组成及满足适宜气体组成的保鲜袋参数, 以供产品保鲜单位参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试绿芦笋采自山东省临沂市莒县, 于 2004 年 5 月 3 日晨采收, 下午运回烟台。绿芦笋经清洗→分级→切

收稿日期: 2005-07-25

作者简介: 周志才(1955-), 男, 教授, 主要从事农产品贮藏加工方面的研究。

割→过称→捆扎→预冷-装箱,放在温度为 $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度为85%~95%的恒温库中贮藏。

1.2 绿芦笋自发气调贮藏保鲜袋的设计

选用高压聚乙烯为原料,添加一定助剂制成的具有一定 O_2 、 CO_2 透气比的特殊规格的薄膜,根据产品长度和商品包装量要求做成不同厚度(D)、不同面积(A)、不同贮藏量(W)的多种规格的自发气调保鲜袋(烟台市清泉塑料工业公司生产)。该研究有三个试验因子,采用正交试验法设计成9种不同规格的保鲜袋(表1)。绿芦笋经 $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 预冷24h后,分别装入保鲜袋内,扎紧袋口,用标签标明各袋子以便相互区分,每个袋子都预留带有止水夹的胶皮软管以备测定袋内气体成分。每种袋设3个重复,每隔2~3d用QF-190型奥氏气体分析仪测定袋内 O_2 和 CO_2 的含量,取其平均值。

1.3 绿芦笋的部分品质指标的测定

为了评估自发气调贮藏保鲜袋的贮藏效果,对贮藏

表1 不同规格的自发气调贮藏保鲜袋贮藏绿芦笋至平衡时袋内气体指标
Table 1 Gas targets of asparagus in different sizes of MPA

袋序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
面积(cm^2)	4680	2880	5760	2880	5760	4680	5760	4680	2880
厚度(μm)	1.1	1.5	1.9	1.1	1.5	1.9	1.1	1.5	1.9
贮藏量(kg)	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
CO_2 (%)	1.7	4.0	5.3	2.4	3.2	5.6	1.3	3.5	6.0
O_2 (%)	11.7	6.8	3.2	10.5	9.2	2.0	12.5	8.3	0.2

前后绿芦笋的部分品质指标进行测定:抗坏血酸(VC)的测定用2,4-二硝基苯肼比色法^[7];叶绿素的测定用分光光度法^[8];粗纤维的测定用酸性洗涤法^[9]。膜透性的测定方法用电导率法^[10]。

外观评价由三人组成的样品组,用目视观测法对芦笋质量进行评价。

商品率(%)=(贮藏前重量-贮藏后剔除腐烂变质部分后重量)/贮藏前重量 $\times 100$

1.4 绿芦笋适宜气体组成的确定

绿芦笋经 $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 预冷24h后,分别装入保鲜袋内,扎紧袋口,用标签标明各袋子以便相互区分,每个袋子都预留有止水夹的胶皮软管以备测定袋内气体成分。每种袋设3个重复,每隔2~3d用QF-190型奥氏气体分析仪测定袋内 O_2 和 CO_2 的含量,取其平均值。试验后期,根据产品贮藏质量(外观、商品率)及VC、叶绿素、粗纤维等品质指标确定适宜气体组成。

2 结果与分析

2.1 自发气调保鲜袋内气体变化趋势

图1是用 $D=1.5\mu\text{m}$, $A=0.2880\text{m}^2$ 的自发气调贮藏保鲜袋贮藏绿芦笋1.0kg(W)时,袋内气体组成的变化趋势图。可以看出,当保鲜袋封口后,袋内 O_2 浓度逐渐降

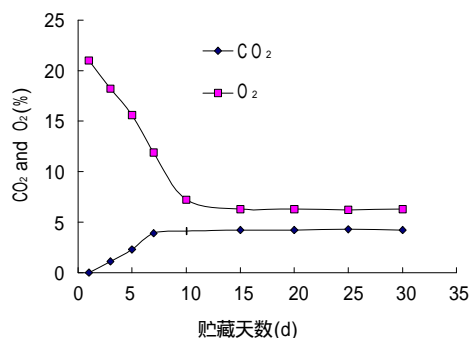


图1 芦笋自发气调保鲜袋贮藏期间气体指标变化
($W=1.0$, $D=1.5$, $A=0.2880$)

Fig 1 Gas targets of asparagus in MAP

低, CO_2 浓度逐渐升高,在10d后袋内气体达到相对稳定状态,气体组成分别为4.2% CO_2 和6.3% O_2 。其它九种不同规格的薄膜袋(W,D,A)气体变化趋势有着基本相同的规律。当袋内气体达到相对稳定时, O_2 和 CO_2 浓度如表1所示。

2.2 自发气调保鲜袋的回归公式

将表1不同规格自发气调保鲜袋的相关参数{面积A(cm^2)、厚度D(μm)、贮藏量W(kg)}及袋内气体稳定时 O_2 和 CO_2 的浓度输入计算机,进行回归分析,得回归方程如下:

$$Y_{\text{CO}_2}=1.935+1.233W+0.679D-5.333A+0.759W^2+0.108D^2-0.182WD+0.628WA+0.188DA \quad (1)$$

$$Y_{\text{O}_2}=8.498+0.548W+4.738D+3.265A-3.32W^2-3.810D^2+0.025WD+1.571WA+2.489DA \quad (2)$$

利用回归方程(1)和(2)式,可计算D、A、W一定时,袋内 CO_2 和 O_2 的平衡浓度,也可根据贮藏的适宜气体组成,设计不同规格的绿芦笋保鲜袋。

2.3 绿芦笋适宜气体组成的确定

适宜气体组成是影响果蔬气调贮藏质量的主要指标,也是设计保鲜袋的重要依据。所谓适宜气体组成,是指果蔬在该气体组分贮藏下,应具有良好的外观风味及品质指标,贮藏期长、可食率高。适宜气体组成的确定,应以大量的试验数据为依据。表2是本课题2004年贮藏绿芦笋的试验结果,气体成分为平衡时袋内 O_2 和 CO_2 浓度的平均值。贮藏结束后,开袋检查产品的贮藏质量(外观、可食率),并测定其VC、叶绿素、粗纤维等品质指标。由表2可见,绿芦笋贮藏至30d时,袋序号为2、3、8保鲜袋贮藏质量最优,芦笋嫩茎笔直,色绿饱满,质地脆嫩,与鲜绿芦笋相比无显著性差异。9号袋贮藏质量最劣,袋内气体有异味,芦茎水烂凹陷,色泽褐绿,有明显的 CO_2 重毒现象。7号袋,氧气浓度高达12.5%,与鲜芦笋相比粗纤维升高5.7倍,维生素C降低79.5%,芦笋失绿黄化,芦尖失水,基部变硬老化,可食率显著降低。因此,绿芦笋贮藏

表2 贮藏30d时绿芦笋的贮藏质量
Table 2 Quality of asparagus stored in 30 days

袋 序 号	气体成分 (%)		VC (mg/100g)	叶绿素 (mg/100g)	粗纤维 (%)	膜透性 (%)	可食率 (%)	外观 评价
	CO ₂	O ₂						
贮藏前	/	/	3.9	5.9	0.85	18.4	100	翠绿、 嫩茎笔直
2	4.0	6.8	3.6	5.3	1.12	26.2	99	翠绿、 质嫩
3	5.3	3.2	3.4	5.2	1.11	25.2	98	翠绿、 质嫩
8	3.5	8.3	3.5	5.2	1.13	25.8	98	翠绿、 质嫩
6	5.6	2.0	1.2	3.8	2.71	27.2	90	暗绿、 部分水烂
7	1.3	12.5	0.8	2.6	4.86	25.1	78	黄绿、 根部纤维化
9	6.0	0.2	0.6	3.1	3.56	28.9	35	带异味、 腐烂重

注：袋序号与表1对应。

的适宜气体组成的确定应以2, 3, 8号袋气体指标为依据, 定为3.5%~5.3%的CO₂和3.2%~8.3%的O₂。

2.4 根据适宜气体组成及回归方程设计保鲜袋

利用回归方程式可以设计若干种不同规格A、D、W的绿芦笋自发气调贮藏保鲜袋, 表3仅举八例以供参考。这八种规格的自发气调贮藏保鲜袋, 在2±1℃, 相对湿度85%~95%条件下, 绿芦笋的贮藏期达30d以上, 产品质量新鲜如初, 嫩茎翠绿饱满, 可食率达98%以上。

表3 用回归方程及适宜气体组成设计的自发气调贮藏保鲜袋
Table 3 MAP designed by regression equation and fit composition of gas

序号	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	W(kg)	D(μm)	A(cm ²)
1	8.5	3.6	1.0	1.1	2880
2	6.9	4.3	1.25	1.1	2880
3	5.7	4.8	1.50	1.5	5656
4	6.8	4.0	1.00	1.5	2828
5	5.2	4.7	1.25	1.5	2828
6	5.0	3.9	0.75	1.9	2800
7	6.4	3.8	1.00	1.9	5656
8	4.9	4.5	1.25	1.9	5656

3 讨论

在一定的温度下, 将重量为W(kg)的绿芦笋装入自发气调保鲜袋密封后, 由于产品呼吸作用, 袋内O₂浓度逐渐降低, CO₂浓度逐渐升高, 使袋内O₂的分压低于袋外贮藏环境大气中O₂的分压, 袋内CO₂的分压高于袋外贮藏环境大气中CO₂的分压。在这同时, 由于袋内外气体分压不同, 即刻产生薄膜渗透作用, 该作用可用下式表示^[11]：

$$q/t = Pg \cdot A(P_1 - P_2)/D \quad (3)$$

即：t时刻气体的渗透速率与气体的渗透系数Pg(mg·cm/cm²·Pa·h)、薄膜面积A(cm²)和薄膜两侧的气体分压(P₁—P₂)(Pa)成正比, 与薄膜厚度D(cm)成反比。笔者认为, 若重量为W(kg)的果实, 在t时刻吸入的O₂量和呼出的CO₂量分别为W·Ro₂和W·Rco₂, 则在t时刻, 袋内外O₂和CO₂浓度会自发达到一种相对稳定的动态平衡状态。绿芦笋呼吸或放出气体的量=薄膜渗出或渗进气体的量^[12], 即：

$$W \cdot Rco_2 = Pg \cdot A \cdot (P_{内CO_2} - P_{外CO_2})/D \quad (4)$$

$$W \cdot Ro_2 = Pg \cdot A \cdot (P_{外O_2} - P_{内O_2})/D \quad (5)$$

在(4)、(5)式中, 袋内气体分压(P_{内O₂}、P_{内CO₂})与呼吸强度Rco₂(或Ro₂)、贮藏量W、薄膜透气系数Pg、包装袋面积A和薄膜厚度D等5个因素有关。而在一定的贮藏条件(温度、湿度、环境气体分压一定时)下, 当贮藏品种(Rco₂或Ro₂)、薄膜种类(Pg)一定时, 影响袋内气体分压的因素只有D、A、W三个因素。本研究以产品呼吸及薄膜渗气, 在一定条件下达到相对平衡为依据, 确定了袋内O₂(或CO₂)的浓度与贮藏量、薄膜厚度、薄膜面积之间的线性关系, 从而解决了绿芦笋MA贮藏保鲜袋的设计问题。绿芦笋自发气调贮藏保鲜袋的设计方法对其它果蔬MA保鲜袋的设计具有参考价值。

参考文献：

- [1] 李宏毅. 绿芦笋栽培与加工[M]. 北京: 中国农业出版社, 1982.
- [2] 郭志义, 程治山, 马翠萍, 等. 绿芦笋采后衰老与环境因子的关系及其调控[J]. 特产研究, 1995, (4): 1-6.
- [3] Werner J, Lipton. Post-harvest biology of fresh asparagus[J]. Horticultural Reviews, 1990, 12: 69-155.
- [4] Garipey Y, Raghavan G S V. Precooling and modified atmosphere storage of green asparagus[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 1991, 15: 215-224.
- [5] 沈莲清, 黄光荣. 绿芦笋MAP气调保鲜研究[J]. 浙江农业学报, 2004, 16(1): 42-46.
- [6] 潘一山. 绿芦笋采后生理与贮藏保鲜研究[J]. 福建农业学报, 2001, 16(3): 61-64.
- [7] GB/T5009. 86-2003. 抗坏血酸VC测定方法[S].
- [8] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术[M]. 科学出版社, 197-199.
- [9] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 中国轻工业出版社.
- [10] 上海植物生理学会. 植物生理实验手册[M]. 1985, 67-70.
- [11] 李志澄, 刘斌. 蔬菜现代贮藏技术. 上海科学技术出版社, 1983. 151-152.
- [12] 周志才, 王美兰, 王鲁敏. 蒜苔不开袋MA贮藏的应用研究[J]. 园艺学报, 1997, 24(4): 401-402.