

文章编号: 1004 - 7271(2002)04 - 0357 - 05

## 新鲜番茄主动气调包装

雷 桥, 徐文达

(上海水产大学食品学院, 上海 200090)

**摘 要:**采用 0.055mm 厚的 LDPE 膜对番茄进行主动气调包装, 混合气体组分为: 5% O<sub>2</sub>/0% CO<sub>2</sub>/95% N<sub>2</sub>。该初始气体环境是通过番茄的呼吸作用、气体对 LDPE 膜的渗透作用及大气三者间的动态平衡过程来保持的。采用动态平衡模型方程, 通过研究不同温度 (5℃、25℃)、包装内不同氧浓度 (0% - 21%) 条件下的番茄呼吸速率、LDPE 膜透气率, 预测了包装量。结果表明: (1) 温度升高, 番茄呼吸耗氧率  $R_{O_2}$  增大的幅度比 LDPE 膜透氧率  $P_{O_2}$  的增长幅度大; (2) 包装内氧气浓度降低, 呼吸作用的耗氧率  $R_{O_2}$  下降, 而 LDPE 膜的透氧率线性上升; (3) 包装袋内建立主动气调环境时, 随着初始给定的氧浓度的增高, 包装量要随之下降; 贮藏温度越低, 包装量越大。

**关键词:**番茄; 主动气调包装; 呼吸速率; 薄膜透气率; 包装量

**中图分类号:** S983.05      **文献标识码:** A

## Active modified atmosphere packaging for fresh tomato fruits

LEI Qiao, XU Wen-da

(College of Food Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** Active modified atmosphere packaging for fresh tomato fruits was created using LDPE film with 0.055mm thickness. The gas mixture contained 5% O<sub>2</sub>/0% CO<sub>2</sub>/95% N<sub>2</sub>. In MAP, the initial modified atmosphere was maintained through the dynamic equilibrium interactions among the respiration of tomato fruits, the gas permeation of LDPE film and the atmosphere outside the packaging. Based on the dynamic equilibrium equations, packaging weights were predicted by studying the respiration rates of fresh tomato fruits and the permeability of LDPE film under the conditions of different temperatures (5℃, 25℃) and different oxygen concentrations (0% - 21%). The results showed that: (1) The respiration rates of fresh tomato fruits increased with the rise of temperature faster than that of the permeability of LDPE film. (2) Rates of O<sub>2</sub> consumption decreased with the lowering oxygen concentration inside the packaging, while the permeability to O<sub>2</sub> of LDPE increased approximately linearly. (3) To create an AMAP environment within a packaging, packaging weights decreased with the increasing of initial suggested oxygen concentrations, and the lower the storage temperature, the heavier the packaging weight.

**Key words:** Tomato fruits; active modified atmosphere packaging; respiration rates; permeability of film; packaging weight

番茄的主动气调包装 (Active Modified Atmosphere Packaging, 简称 AMAP) 是将番茄置于塑料包装袋或盒中, 对容器先抽真空, 再充入适量的按一定比例混合的气体 (低浓度 O<sub>2</sub> 和相对于空气较高浓度的

收稿日期: 2002-06-04

作者简介: 雷 桥 (1970-), 女, 重庆市人, 讲师, 硕士, 主要从事食品工程和食品包装的研究。E-mail: qllei@shfu.edu.cn

CO<sub>2</sub>, 以及 N<sub>2</sub> 的混合气), 然后封口, 以此来建立一最佳的气调环境, 从而降低番茄呼吸速率, 减缓新陈代谢而起到保鲜作用。并通过呼吸作用、气体对塑料薄膜的渗透作用及大气三者间的动态平衡过程来保持该气体环境<sup>[1,2]</sup>。由于 AMAP 技术无需昂贵的气体控制设备, 所以较经济, 适于货架贮藏, 但因包装内气体的动态变化有较多的影响因素, 因而这一技术的难度较大。

番茄的 AMAP 贮藏保鲜法, 主要有 11 个相关参数<sup>[2]</sup>, 即: ①与番茄有关的三个参数: 包装量  $W$ 、呼吸作用的耗氧率  $R_{O_2}$  及 CO<sub>2</sub> 的生成率  $R_{CO_2}$ ; ②与包装材料有关的四个参数: O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 对塑料薄膜的渗透率  $P_{O_2}$ 、 $P_{CO_2}$ ; 包装表面积  $S$ ; 薄膜厚度  $L$ ; ③与气调环境有关的四个参数: 包装袋内气体动态平衡时 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 的浓度  $[O_2]_{i,s}$ 、 $[CO_2]_{i,s}$  及包装袋外 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 的浓度  $[O_2]_o$ 、 $[CO_2]_o$ 。此外, 温度为—隐含参数, 它对番茄的呼吸速率和薄膜的透气率均有较大影响。利用以上参数, 可建立—气调平衡条件, 即: 番茄呼吸耗 O<sub>2</sub> 量等于从大气渗入薄膜的 O<sub>2</sub> 量, 呼吸产生的 CO<sub>2</sub> 量等于渗出薄膜的 CO<sub>2</sub> 量, 此时, 包装内构成—最佳气调环境。研究新鲜番茄在不同条件下的呼吸特性<sup>[2,3]</sup> 及包装材料的透气性能, 是优化主动气调包装的重要途径。

## 1 材料与方 法

### 1.1 原料与包装材料

采用市售新鲜的成熟番茄为原料; 包装材料为 LDPE 塑料包装袋(厚度: 0.055mm, 尺寸: 0.178m × 0.260m)。

### 1.2 气调条件

混合气体组分为: 5% O<sub>2</sub>/0% CO<sub>2</sub>/95% N<sub>2</sub>, 相对湿度为 90% - 95%, 贮藏温度为 5℃、25℃。采用 GM 型气体比例混合器<sup>[4]</sup> 和 DEQ - 280 型全自动真空包装机进行气体混合并充气包装。

### 1.3 番茄呼吸速率的测定

采用低温混合气流法<sup>[1,2,5]</sup>, 使用 103 型气相层析仪(色谱柱为: Porapak - Q 柱(80 - 100 目) + 13X 柱(60 - 80 目); 载气: 99.995% He; 流速: 15mL/min; 柱温: 40℃; 检测器: TCD, 温度: 80℃; 进样温度: 40℃; 进样量: 0.5mL; 定量方法: 外标法), 检测进出口气流中 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 浓度的变化, 来计算呼吸速率。

### 1.4 包装材料透气率的测定

采用根据美国 CS - 135 型渗透仪研制的试验装置(体积增加法)<sup>[6]</sup>, 测定 LDPE 膜的透气率。

### 1.5 动态平衡稳定方程<sup>[2]</sup>

对于主动气调包装:

包装容器内 O<sub>2</sub> 或 CO<sub>2</sub> 的增长率 = O<sub>2</sub> 或 CO<sub>2</sub> 对包装材料渗透率 + 呼吸作用引起的 O<sub>2</sub> 或 CO<sub>2</sub> 的变化率, 在稳定状态, 要保持初始充气—最佳的气体配比, 须使 O<sub>2</sub> 或 CO<sub>2</sub> 的增长率为 0, 即:

$$WR_{O_2} = \frac{SP_{O_2}}{L} ([O_2]_o - [O_2]_{i,s}) Patm \quad (1)$$

$$WR_{CO_2} = \frac{SP_{CO_2}}{L} ([CO_2]_{i,s} - [CO_2]_o) Patm \quad (2)$$

式中: Patm: 一个大气压(atm), 其余参数如前所述。

## 2 结果与分析

### 2.1 番茄的呼吸速率

如图1、图2所示,番茄呼吸速率的主要影响因素为温度及包装袋内的氧气浓度。番茄为呼吸跃变型果实,温度降低,呼吸速率减慢,25℃时,番茄呼吸速率约为5℃时的1.5-3.0倍,并使跃变高峰延迟出现(5℃时,峰高出现比常温延迟了5天),且峰高值下降;氧气浓度降低,呼吸作用的耗氧率 $R_{O_2}$ 也下降,抑制了呼吸强度,5℃、25℃时,在5%  $O_2$  浓度下,番茄呼吸强度约为正常空气中(21%  $O_2$ )的48-62%。

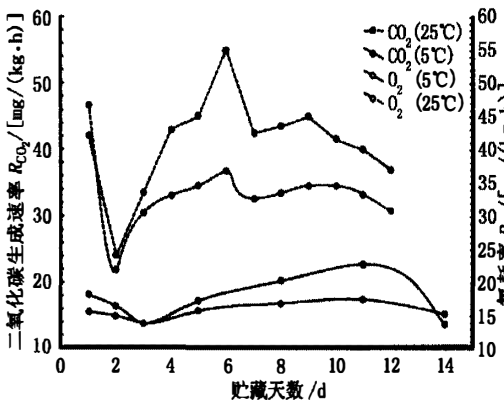


图1 温度对番茄呼吸速率的影响

Fig.1 Effect of temperature on respiration rates for tomato fruits

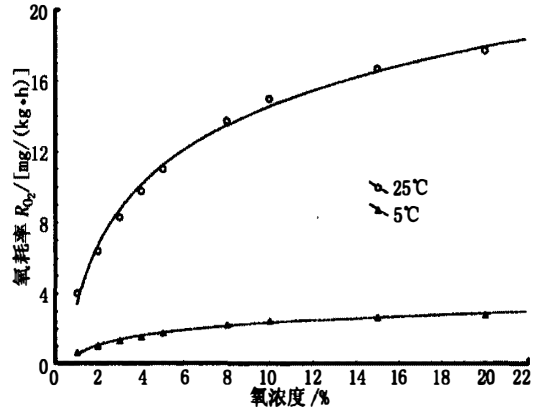


图2 氧浓度对番茄呼吸耗氧率的影响

Fig.2 Effect of  $O_2$  concentration on rate of  $O_2$  consumption of tomato fruits

### 2.2 不同温度和氧分压差条件下,LDPE膜透气率的变化

由图3知,对所选LDPE膜,其透气率随温度的升高,呈指数上升的趋势,设其关系式为:

$$P_{O_2} = a_1 \cdot e^{-\left(\frac{b_1}{273+i}\right)} \quad (3)$$

$$P_{CO_2} = a_2 \cdot e^{-\left(\frac{b_2}{273+i}\right)} \quad (4)$$

式中: $a_1, a_2$  为:渗透率指数因子, ( $mL \cdot mm/h \cdot m^2 \cdot atm$ )

$b_1, b_2$  为:渗透率活化能/R值, (K)

可得出: $a_1 = 2.54 \times 10^3, a_2 = 2.74 \times 10^4, b_1 = 2.43 \times 10^3, b_2 = 2.71 \times 10^3$

25℃时,LDPE膜的透气率约为5℃时的1.8-2.0倍,并测得该薄膜透气比 $\beta$ ( $\beta = P_{CO_2}/P_{O_2}$ )为:3.96

-4.28。

薄膜透气率随袋内氧浓度的增高,线性下降,其关系式为:

$$P_{O_2} = c(0.21 - [O_2]_m) \quad (5)$$

式中:系数 $c = 0.5626$  ( $t = 5^\circ C$ 时);  $c = 0.9433$  ( $t = 25^\circ C$ 时),见图4。

番茄等果蔬主动气调包装要求采用透气性高的塑料薄膜,以便达到呼吸作用与薄膜透气作用间的动态平衡。目前国内市场上用于果蔬气调包装的薄膜品种不多,主要为0.075-0.2mm厚的LDPE、PVC薄膜,其透气比 $\beta$ 为3-6,尚不能满足高呼吸速率果蔬包装的要求。国外正在研究的高透气比的穿孔薄膜、微孔薄膜、充填陶瓷薄膜及温度补偿等薄膜能更好地满足各种需求。

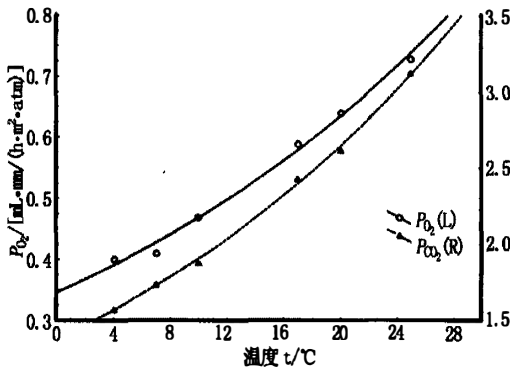


图3 温度对 LDPE 膜透氧率的影响

Fig.3 Effect of temperature on permeability of LDPE film

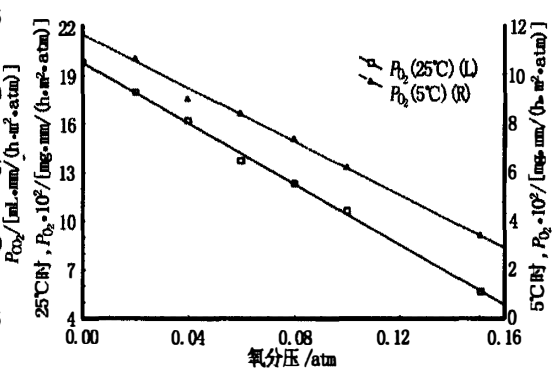


图4 包装袋内氧分压对 LDPE 膜透氧率的影响

Fig.4 Effect of O<sub>2</sub> partial pressure in the package on permeability to O<sub>2</sub> of LDPE film

### 2.3 为保持 AMAP 内的最佳气调条件,包装袋内物料量 W 的确定

动态平衡方程(1)、(2)中: $R_{O_2}$ 、 $R_{CO_2}$ 的取值见图1、图2; $P_{O_2}$ 、 $P_{CO_2}$ 取值见图3、图4;  $[O_2]_o$ 、 $[CO_2]_o$ 分别近似为21%、0%;  $[O_2]_{i,s}$ 、 $[CO_2]_{i,s}$ 分别为5%、0%;  $P_{atm} = 1 atm$ ;  $S = 0.09256 m^2$ ;  $L = 0.055 mm$ 。由此,可对每只包装袋的番茄包装量进行设计计算,结果见图5。

包装袋内建立主动气调环境时,随着初始给定的氧浓度的增高,番茄呼吸速率增大,而包装材料的透氧率下降,因而包装量 W 要随之下降,否则难以保持袋内最佳气体配比;贮藏温度为25℃时,其设计包装量比5℃的低,这是由于对番茄及LDPE膜而言,温度升高或降低,对呼吸耗氧率  $R_{O_2}$  的影响程度大于对包装材料透氧率  $P_{O_2}$  的影响(从5℃到25℃,  $R_{O_2}$  增大为原值的1.5-3.0倍,  $P_{O_2}$  增大为原值的1.8-2.0倍),从而使  $P_{O_2}/R_{O_2}$  比值下降或上升造成的。

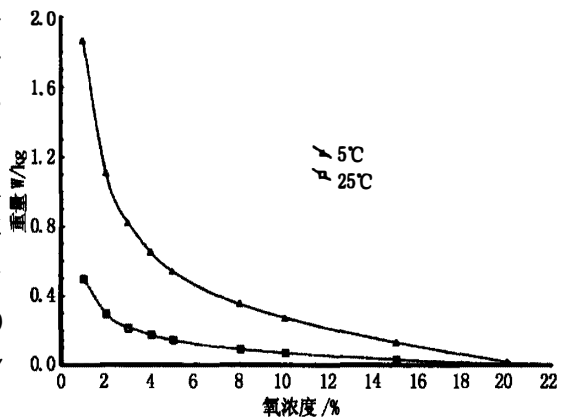


图5 5℃,25℃时,番茄重量估算值与给定氧浓度的关系曲线

Fig.5 Relationship curves between predicted weight of tomato fruits and given O<sub>2</sub> content at 5℃, 25℃

### 3 讨论

(1) 对于番茄主动气调包装,可确定其11个参数中的6个参数,即:呼吸作用的耗氧率  $R_{O_2}$  及  $CO_2$  的生成率  $R_{CO_2}$  可通过实验测定;袋内气体动态平衡时  $O_2$ 、 $CO_2$  的浓度  $[O_2]_{i,s}$ 、 $[CO_2]_{i,s}$  可假定为气调包装的最佳的  $O_2$ 、 $CO_2$  的浓度,其值可通过对比实验或国内外相关的研究资料进行选取;包装袋外  $O_2$ 、 $CO_2$  的浓度  $[O_2]_o$ 、 $[CO_2]_o$  即为空气中所含浓度。余下的5个参数中,有3个参数可任意选定,例如,若我们选定了  $W$ 、 $S$ 、 $L$ ,则  $P_{O_2}$ 、 $P_{CO_2}$  可通过动态平衡公式计算得出,以此去选取合适的包装材料;或者已选定了某种塑料薄膜 ( $P_{O_2}$ 、 $P_{CO_2}$ 、 $L$  已知),则可对  $W$ 、 $S$  进行设计计算。

(2) 番茄主动气调包装中,温度和包装袋内氧气浓度是关键因素,研究番茄呼吸速率及薄膜的透气性,一定要在低温和低氧的条件下进行。采用动态平衡方程,通过试验(测呼吸速率和透氧率等)→设计计算(求  $W$ 、 $S$ 、 $L$ 、 $P_{O_2}$ 、 $P_{CO_2}$  等)→再试验的方法,可缩短大量试验时间,且有效可行。

(3) 本研究忽略了一些影响因素:如番茄果皮及果肉对  $O_2$  和  $CO_2$  的扩散能力、乙烯的影响等,因而

有一定的局限性,使用时,各参数要根据实验数据进行相应的修正,这有待于今后作进一步深入的研究。

#### 参考文献:

- [1] 徐文达. 新鲜果蔬气调保鲜包装[J]. 食品工业, 1999, 3: 35 - 38.
- [2] Yam K L, Lee D S. Design of modified atmosphere packaging for fresh produce[J]. Dep Of Food Science Rutgers University, 1990, 55 - 73.
- [3] C Cameron, Walter Boylan - Pett, Julian Lee. Design of Modified Atmosphere Packaging Systems: Modeling Oxygen Concentrations within Sealed Packages of Tomato Fruits[J]. Food Science, 1989, 54(6): 1413 - 1415.
- [4] 徐文达. 气体比例混合器装置的研究[J]. 包装与食品机械, 1995, 13(3): 1 - 5.
- [5] 吕贵华, 吕忠恕. 番茄果实采后成熟期间生理生化变化的研究[J]. 西北植物学报, 1989, 9(4): 240 - 246.
- [6] 徐文达. 即食海蜇皮气调包装技术设备[J]. 上海水产大学学报, 1993, 2(4): 193 - 199.

## 来稿须知

一、《上海水产大学学报》为上海水产大学主办、以水产科学技术为主的综合性学术刊物。

本刊主要刊载渔业资源、水产养殖与增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器、渔业经济与技术管理以及水产基础研究等方面的论文、研究简报,少量刊载综述等文章。

本刊被《中国科学引文索引》、《水产文摘》、《中国水产文摘》、《水科学和渔业文摘》(ASFA)、美国《化学文摘》(CA)等多种权威检索刊物收录。最近本刊又被俄罗斯《文摘杂志》收录,成为其新收录的 102 种期刊中的一种。根据中国科技信息研究所信息分析研究中心最新提供的 2002 年版《中国科技期刊引证报告》,本刊 2001 年影响因子和总被引频次分别为 0.227 和 71,在全国水产类学术期刊中排名第 3 和第 5 位。

### 二、注意事项

1. 来稿文责自负。要求论点明确,数据可靠,简明扼要,文字精练(包括文章题名、图表和文献的运用),用第 3 人称撰写。着重撰述作者的新方法、新观点和新成果等。材料方法、基本原理及公式推导等从简。

2. 论文不超过 6000 字;综述 7000 字;研究简报 4000 字;其他文稿 1500 字。各数字内均含图、表等。

3. 来稿一式二份,请用打印稿,正文以四号字,宽行打印,改返时随附软盘。本刊对来稿有删改权,必要时退作者修改、精简并交清样稿。不录用稿不予退稿,请作者见谅。文章刊登后,将酌致稿酬,并赠送若干册当期的本刊。

4. 本刊也接受校外作者撰写的稿件,来稿请寄上海市军工路 334 号 38 信箱《上海水产大学学报》编辑部。

邮编:200090,电话:021-65710892,电子信箱:xuebao@shfu.edu.cn,传真:021-65680965。