

# 运销两用鲜枣气调包装袋的设计

郭娟, 谢东昇

(华北理工大学, 唐山 063009)

**摘要:** **目的** 设计一种适合鲜枣运输和销售 2 种功能的气调包装袋。**方法** 通过实验研究牛妈妈枣采后生理性能的变化特点, 然后结合气调包装的理论数学模型, 选用合适的包装材料, 计算出包装一定质量的果品所需包装袋的用量; 最后结合绿色消费、人性化设计绘制气调袋造型图。**结果** 选择厚度为 0.03 mm, 透气系数比  $\beta$  为 2.75 的低密度聚乙烯(LDPE)保鲜薄膜 0.25 m<sup>2</sup> 作为制作气调袋的材料, 气调袋的结构满足多次使用、果核回收、直立展示、方便运输等功能。**结论** 该设计延长了牛妈妈枣的食用价值和贮藏期。

**关键词:** 鲜枣; 气调包装; 包装设计; 贮藏期

**中图分类号:** TB482.2; TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0034-04

## Design of Air-conditioned Packaging Bag Suitable for Transportation and Sale of Fresh Jujube

GUO Juan, XIE Dong-sheng

(North China University of Science and Technology, Tangshan 063009, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design an air-conditioned packaging bag suitable for transportation and sale of fresh jujube. The changing characteristics of post-harvest physiology of niumama jujube were studied by experiment. Then, combined with theoretical mathematical model of air-conditioned packaging, and by selecting appropriate packaging materials, the number of packaging bags required by a certain amount of fruit was calculated. Finally, in combination with green consumption and humanized design, the profile diagram of air-conditioned packaging bag was drawn. The 0.25 m<sup>2</sup> low density polyethylene (LDPE) fresh-keeping film (thickness of 0.03 mm and permeability coefficient ratio  $\beta$  of 2.75) was selected as the material to manufacture air-conditioned bags. The structure of air-conditioned bag conformed to a variety of functions, such as usage for multiple times, core recovery, vertical display and convenient transportation. The proposed design has improved the edible value and prolonged the storage period of niumama jujube.

**KEY WORDS:** fresh jujube; air-conditioned packaging; packaging design; storage period

牛妈妈枣是唐山丰润地区新培育的优良鲜食枣, 外形酷似牛乳头而得名, 果肉鲜脆, 汁多甘甜, 维生素 C 含量高达 236.7 mg/(100 g), 是一种品质上等的鲜食枣。由于鲜枣采后呼吸作用强, 易释放大量的二氧化碳和乙醇, 从而导致鲜枣软化、腐烂, 在常温下, 鲜枣采后寿命一般仅为 5~7 d, 因此, 包装工作者正在寻找合适的方法来延长鲜枣的贮藏期。通过查阅文献<sup>[1-6]</sup>, 目前对果蔬的贮藏保鲜研究大多是利用涂膜、臭氧、辐照或热处理的化学生物保鲜方法, 有的学者采用低温冷藏或超高压的物理保鲜技术, 这些技

术目前大多处于小批量实验室研究阶段, 若要大规模推广使用以延长果蔬的保质期, 减少果蔬的腐烂变质, 为果农带来较高的经济效益, 还有待时间考验。

文中选用唐山地区特色果品牛妈妈枣作为研究对象, 通过前期实验研究得出牛妈妈枣采后的生理性能变化特点, 然后选用合适的食品保鲜包装材料, 结合果蔬气调包装的理论数学模型, 利用绿色消费、人性化设计理念, 设计一种适合牛妈妈枣运输和销售 2 种功能的气调包装袋, 既能保护流通中的枣不受外力和环境的破坏, 又具有一定的销售展示功能, 且能延

收稿日期: 2016-10-19

作者简介: 郭娟(1979—), 女, 硕士, 华北理工大学讲师, 主要研究方向为包装材料及绿色包装技术。

长鲜枣的保鲜期。

## 1 气调包装理论分析

气调包装简称 MAP, 是指用塑料薄膜对具有呼吸代谢作用的果蔬进行密封包装, 利用被包装果蔬产品自身的呼吸特性以及塑料薄膜的渗透作用, 改变包装薄膜内的气体成分及浓度, 使之满足果蔬贮藏保鲜的最佳环境氛围, 从而达到延长果蔬贮藏期的目的。一般可将其分为 2 类, 即主动气调包装和被动气调包装。主动气调包装一般需要昂贵的气体调控设备辅助才能实现, 资源和能量消耗较大, 成本较高, 小规模的水果企业很难实现; 被动气调包装技术简单, 操作方便, 成本低, 保鲜效果好, 安全无公害, 包装样式丰富, 有利于果蔬的流通及销售<sup>[7]</sup>。

### 1.1 影响果蔬气调包装的因素

经研究发现, 果蔬气调包装的影响因素主要有被包装产品物性、包装材料、内外环境状况等, 它们相互之间的作用关系见图 1。

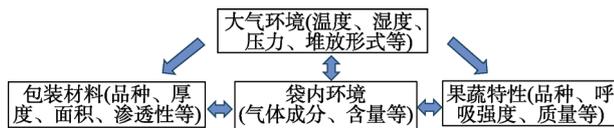


图 1 气调包装影响因素间关系

Fig.1 The relationship among the influencing factors of MAP

### 1.2 气调包装材料

气调包装材料可分为常用气调包装材料和新型气调包装材料。常用气调包装材料有低密度聚乙烯(LDPE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVDC)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚乙烯醇(PVA)、乙烯-乙醇共聚物(EVOH)等。新型气调包装材料有微孔膜、硅橡胶膜、吸附性膜、防雾保鲜膜等<sup>[8-13]</sup>。微孔膜是指采用特定的技术在普通薄膜上制备特定数量和孔径所形成的保鲜薄膜, 具有可调的透气速率, 渗透性能良好, 加工生产成本低, 目前已应用于果蔬保鲜包装中; 硅窗气调包装中所用的渗透性材料称为硅橡胶膜, 将一定面积的硅橡胶膜镶嵌在包装容器上, 其透气性能良好并且能够对包装内部环境中的气体进行自动调节, 从而使得果蔬贮藏期提高、降低损耗; 吸附性膜是指向普通保鲜薄膜中添加或涂覆一定的吸收剂或多孔性物质制备而成的膜, 它可以吸收果蔬采后通过呼吸作用产生的乙烯、乙醇等不利于果蔬贮藏的气体, 以提高果蔬的品质。

一般果蔬采后因其呼吸作用和蒸腾作用会产生水蒸气, 加上包装袋内外存在温差, 水蒸气会在袋子的内表面液化形成小水滴, 这些小水滴会增加袋内的湿度, 有利于微生物或细菌的滋生, 对果蔬的贮藏不利, 防雾保鲜膜能够有效解决这一问题。

分析可知, 用于果蔬气调包装的材料应具有如下性能。

1) 透气性好, 具有不同的气体选择性透过能力。为抑制包装内果蔬的有氧呼吸和防止缺氧呼吸, 维持包装内低氧(体积分数约 1%~6%) 高二氧化碳(体积分数约 1%~10%) 气氛, 薄膜应具有良好的透气比, 对不同气体有不同透过能力。

2) 较好的水蒸气阻隔性和防雾性。保持包装内一定湿度, 防止果蔬失水萎蔫, 但又要防止温度降低时因包装内相对湿度升高引起的水珠凝结现象。

3) 吸收乙烯的功能。果蔬产生的乙烯会促进后熟, 使品质下降, 以致腐烂, 应及时排除。

4) 透明性及其他。透明的包装薄膜虽能清楚看到内装果蔬外观, 但有时不利于果蔬的保存, 应慎重选择。

### 1.3 气调包装的理论数学模型

为了确定自发气调包装果蔬的呼吸特性、包装薄膜透气率和环境之间的相互作用, 可以利用  $O_2$  和  $CO_2$  质量平衡原理的数学模型来表征。可得出如下简单关系: 包装袋内  $O_2$  或  $CO_2$  积聚的速度等于果蔬呼吸消耗  $O_2$  或产生  $CO_2$  的速度加上  $O_2$  渗入或  $CO_2$  渗出包装袋的速度。用方程描述<sup>[14]</sup>为:

$$\frac{d\varphi_{O_2}}{dt} = -\frac{R_{O_2}m}{V} + \frac{P_{O_2}A(\varphi'_{O_2} - \varphi_{O_2})}{dV}p \quad (1)$$

$$\frac{d\varphi_{CO_2}}{dt} = -\frac{R_{CO_2}m}{V} + \frac{P_{CO_2}A(\varphi_{CO_2} - \varphi'_{CO_2})}{dV}p \quad (2)$$

式中:  $R_{O_2}$  和  $R_{CO_2}$  为水果呼吸速率( $mL/(kg \cdot h)$ );

$m$  为水果的质量( $kg$ );  $d$  为薄膜厚度( $m$ );  $P_{O_2}$  和  $P_{CO_2}$  为薄膜对  $O_2$  和  $CO_2$  的透气系数( $mL \cdot m \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot (0.1 MPa)^{-1}$ );  $A$  为薄膜表面积( $m^2$ );  $V$  为薄膜包装的自由体积( $mL$ );  $p$  为大气压力( $0.1 MPa$ );  $\varphi_{O_2}$  和  $\varphi_{CO_2}$  分别为包装袋内  $O_2$  和  $CO_2$  的体积分数(%);  $\varphi'_{O_2}$  和  $\varphi'_{CO_2}$  分别为外界环境  $O_2$  体积分数(21%)和  $CO_2$  体积分数(0.03%)。

随着果蔬存储时间的延长, 假设包装体系温湿度恒定, 包装袋两侧压力恒定, 只考虑  $O_2$  和  $CO_2$  气体的影响, 那么包装袋内气体会逐渐达到稳定。此时包装袋内气体的浓度称为平衡浓度。该状态下, 果蔬消耗的氧气量与从包装外部渗入包装内的氧气量相等, 果蔬呼出的二氧化碳量与从包装内部渗出包装外的二氧化碳量相等, 即包装袋内气体积聚为 0。果蔬在平衡状态下新鲜度较高, 储藏期较长, 营养价值和经济效益均最大。利用这一规律可以通过改变果蔬存储环境的气体成分来延长果蔬的货架寿命。式(1)—(2)可以简化为式(3)—(4)<sup>[15]</sup>。

$$mR_{O_2} = \frac{AP_{O_2}}{d}(\varphi'_{O_2} - \varphi_{O_2})p \quad (3)$$

$$mR_{CO_2} = \frac{AP_{CO_2}}{d} (\phi'_{CO_2} - \phi_{O_2}) p \quad (4)$$

式(4)除以式(3)后,可以得到一个简化式(5):

$$\frac{R_{CO_2}}{R_{O_2}} = \frac{P_{CO_2}}{P_{O_2}} \frac{\phi_{CO_2}}{21 - \phi_{O_2}} \quad (5)$$

式(5)被定义为果蔬的呼吸商  $Q_R$ , 呼吸商是与呼吸基质、呼吸类型和贮藏环境温度有关的物理量, 这里假设  $Q_R=1$  (一般取值为  $0.7 \sim 1.3$ ) [16]。定义薄膜透气系数比  $\beta = P_{CO_2} / P_{O_2}$ , 式(5)可转化为式(6):

$$\beta = \frac{21 - \phi_{O_2}}{\phi_{CO_2}} \quad (6)$$

利用透气系数比  $\beta$  作为初选包装材料的依据, 然后结合果蔬呼吸速率实验, 便可确定所需薄膜的厚度、气体交换面积、果蔬质量等参数, 进一步设计出合理的包装形式。

## 2 鲜枣气调包装袋的设计

### 2.1 气调包装材料

已知鲜枣适宜的气调包装环境下  $O_2$  的体积分数为  $2\% \sim 5\%$ ,  $CO_2$  的体积分数为  $3\% \sim 8\%$ , 取  $O_2$  体积分数为  $4\%$ ,  $CO_2$  体积分数为  $6\%$ , 带入式(6)求得  $\beta=2.8$ 。由呼吸强度试验可知[17], 牛妈妈枣的最高呼吸强度  $r_{CO_2} = 93.954 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ , 此时取  $m=0.5 \text{ kg}$ 。由文献[18]可知厚度为  $0.03 \text{ mm}$  的低密度聚乙烯的  $\beta$  值为  $2.75$ ,  $P_{CO_2} = 0.0486 \text{ mL} \cdot \text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot (0.1 \text{ MPa}))$ , PP 的  $\beta$  值为  $2.84$ ,  $P_{CO_2} = 3.83 \times 10^{-3} \text{ mL} \cdot \text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot (0.1 \text{ MPa}))$ 。若选择低密度聚乙烯材料, 则可求得所需低密度聚乙烯材料的表面积为  $0.25 \text{ m}^2$ ; 若选择聚丙烯材料, 求得所需聚丙烯材料的表面积为  $3.12 \text{ m}^2$ , 显然低密度聚乙烯膜更合适。

### 2.2 运销两用鲜枣气调包装袋的结构

牛妈妈枣平均纵径为  $1.35 \text{ cm}$ , 横径为  $0.19 \text{ cm}$ , 每个枣的质量约  $13 \text{ g}$ , 运销两用可选择一袋净质量为  $500 \text{ g}$  的鲜枣。几十粒鲜枣的保鲜袋一旦开封, 若一次食用不完, 多次取食易造成二次污染; 牛妈妈枣的可食率为  $93.69\%$ , 但内部有个较小的果核, 若随意丢弃易造成环境污染。针对上述存在的问题, 设计一款食品袋和果核回收袋组合的直立包装袋, 包装袋的主要结构包括袋身、袋底、袋提手、塑料拉锁、旋盖 5 个部分, 见图 2。

根据绿色消费、人性化设计的思想, 所设计的包装袋直立放置时呈上大下小的形状, 袋身高  $35 \text{ cm}$ , 宽  $30 \text{ cm}$ , 主要由食品袋和回收袋组成, 两袋之间有一层隔层, 袋身展开结构见图 3; 袋底部有一个带旋盖的单个鲜枣取用口, 并可满足包装袋在货架上的直



图 2 包装袋构成及造型

Fig.2 Composition and modeling diagram of the packaging bag

立展示, 同时防止袋内鲜枣的相互挤压; 袋上部有一个可拉锁封合的多个鲜枣取用和枣核投放共用口, 在鲜枣取用和枣核投放的过程中完成贮藏和回收空间的转化, 有效利用包装袋的内部空间; 袋顶部有个牛头造型的提手, 既可以方便提取, 又具有展示产品特征的促销功能。考虑到用色简洁、画面具有生活情趣等因素, 包装袋装潢的最终效果见图 4。

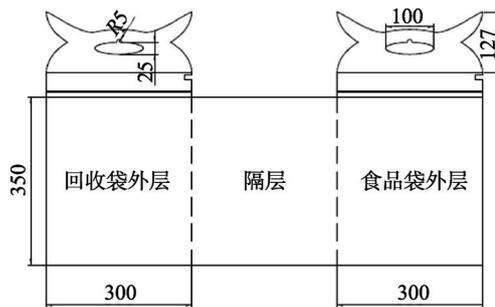


图 3 袋身展开结构

Fig.3 Structure expanded view of the bag body



图 4 包装袋装潢效果

Fig.4 Decorating diagram of the packaging bag

### 3 结语

设计了运销两用气调包装袋,解决了华北丰润地区牛妈妈枣的贮藏保鲜问题,同时节约用材,经济实惠。由于制袋工艺相对落后,尤其异形袋的加工更难,方案中的热封结构较多,还需进一步改进,尽快实现自动化生产的需求。

#### 参考文献:

- [1] REUCK K D, SIVAKUMAR D, KORSTEN L. Integrated Application of 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging to Improve Quality Retention of Litchi Cultivars during Storage[J]. *Post-harvest Biology and Technology*, 2009, 52(1): 71—77.
- [2] 马琳. 壳寡糖复合其他保鲜剂对杏果贮藏品质的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.  
MA Lin. Effects of Chitosan Oligosaccharides in Combined with Other Preservative Agents on Post-harvest Quality of Apricot Fruits[D]. Beijing: China Agricultural University, 2015.
- [3] BARBONI T, CANNAC M, CHIARAMONTI N. Effect of Cold Storage and Ozone Treatment on Physicochemical Parameters, Soluble Sugars and Organic Acids in Actinidia Deliciosa[J]. *Food Chemistry*, 2010, 121(4): 946—951.
- [4] 孔晓玲, 周洁, 于鹏, 等. 微波辐射对农产品生命活性的影响研究[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(10): 239—241.  
KONG Xiao-ling, ZHOU Jie, YU Peng, et al. Effect of Microwave Radiation on Life Activity of Agricultural Products[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(10): 239—241.
- [5] 李树锦, 金乾坤, 李晓东, 等. 浅谈食品辐照技术的研究现状[J]. *延边大学农学学报*, 2012, 34(4): 362—366.  
LI Shu-jin, JIN Qian-kun, LI Xiao-dong, et al. Current Research Status of Food Irradiation Technology[J]. *Journal of Agricultural Science Yanbian University*, 2012, 34(4): 362—366.
- [6] 巩雪, 常江, 李丹婷. 超高压保鲜包装技术的研究进展[J]. *包装工程*, 2014, 35(3): 97—102.  
GONG Xue, CHANG Jiang, LI Dan-ting. Development of Ultra High Pressure Fresh-keeping Packaging Technology[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(3): 97—102.
- [7] 李家政. 果蔬自发气调包装原理与应用[J]. *包装工程*, 2011, 32(15): 33—38.  
LI Jia-zheng. Principle and Application of Voluntary Modified Atmosphere Packaging for Fruit and Vegetable[J]. *Packaging Engineering*, 2011, 32(15): 33—38.
- [8] PRIDDY D B. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43(3): 381—392.
- [9] 高欣, 郑华艳. 不同包装材料对草莓贮藏品质和保鲜期的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(2): 328—330.  
GAO Xin, ZHENG Hua-yan. Effect of Different Packaging Materials on the Quality and Shelf Life of Strawberry[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(2): 328—330.
- [10] 黄海雄, 黄育强. 新型果蔬保鲜膜包装对砂糖橘贮藏效果的研究[J]. *保鲜与加工*, 2016, 16(1): 21—26.  
HUANG Hai-xiong, HUANG Yu-qiang. Preservation Effect of New Type Fruit and Vegetable Film Packages on Shatangju Fruit[J]. *Storage and Process*, 2016, 16(1): 21—26.
- [11] 周斌. 果蔬保鲜膜的研究进展[J]. *包装学报*, 2012, 4(4): 16—20.  
ZHOU Bin. Review of Preservative Film for Fruits and Vegetables[J]. *Packaging Journal*, 2012, 4(4): 16—20.
- [12] 李云云, 魏丹, 张敏. 微孔膜对双孢蘑菇物流升温后保鲜品质的影响[J]. *包装工程*, 2016, 37(11): 52—57.  
LI Yun-yun, WEI Dan, ZHANG Min. Effect of Micro-perforated Package on Preservation Quality of Agaricus Bisporus after Logistics Warming[J]. *Packaging Engineering*, 2016, 37(11): 52—57.
- [13] TATAR P. Antibacterial Thin Films on Glass Substrate by Gel Process[J]. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 2007, 17(3): 525—533.
- [14] 孙企达, 包骞, 兰秀凯, 等. 远洋蔬果复合气调包装系统(MAP)数学模型研究[J]. *真空*, 2009, 46(6): 8—11.  
SUN Qi-da, BAO Qian, LAN Xiu-kai, et al. Mathematical Modeling of Gas Exchange in Compound MAP System for Ocean Shipping of Vegetables/Fruits[J]. *Vacuum*, 2009, 46(6): 8—11.
- [15] 曹菲. 果蔬自发气调包装薄膜透气性能的研究与应用[J]. *湖南工业大学学报*, 2009, 23(4): 99—101.  
CAO Fei. Studies and Applications of MAP Films Permeability for Fruits and Vegetables[J]. *Journal of Hunan University of Technology*, 2009, 23(4): 99—101.
- [16] DUAN H W, WANG Z W, HU C Y. Development of a Simple Model Based on Chemical Kinetics Parameters for Predicting Respiration Rate of Carambola Fruit[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2009(4): 2153—2160.
- [17] 谢东昇, 郭娟, 杨鑫, 等. 丰润牛妈妈枣的气调包装研究[J]. *中国市场*, 2016, 46(3): 8—11.  
XIE Dong-sheng, GUO Juan, YANG Xin, et al. Research the Modified Atmosphere Packaging of Ni-mama Jujube[J]. *Chinese Market*, 2016, 46(3): 8—11.
- [18] 万森. 菠菜气调包装数学模型的理论与试验研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2012.  
WAN Sen. Theoretical and Experimental Research on Modeling of Modified Atmosphere Packaging for Spinacia Oleracea L[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2012.