

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2014.02.003

# 打坑 BOPP 薄膜的透湿性能研究

宋倩

(天津科技大学 包装与印刷工程学院, 天津 300222)

**摘要:** 打坑薄膜通过对薄膜进行打坑微处理, 可提高其透氧性能及透湿性能。打坑 BOPP 薄膜在食品包装中得到了广泛的应用, 但使用过程中其透湿性不好的问题较为突出, 包装内易出现结露问题。以透湿性能为试验指标, 选用 2 种不同透氧系数的打坑 BOPP 薄膜和未打坑 BOPP 薄膜进行了对比试验。结果表明, 透氧系数大的打坑 BOPP 薄膜的透湿量也相对较大; 同时, 透氧系数相同的打坑 BOPP 薄膜的反面透湿量要大于其正面透湿量; 对于不同透氧系数规格的薄膜, 反面的透湿性增加量要大于正面的。可见, 在实际应用中, 不仅需要根据透氧系数来选择合适的包装用 BOPP 薄膜, 且在实际应用时还需调整薄膜正反面的选择。

**关键词:** BOPP; 打坑薄膜; 水蒸气透过量; 微处理薄膜; 透湿性能

中图分类号: TQ325.1+4

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2014)02-0012-04

## Research on Moisture Permeability of the Pitted BOPP Film

Song Qian

(School of Packaging and Printing Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

**Abstract:** The pitted film is made by hole-digging processing to improve the oxygen permeability and the moisture permeability. The pitted BOPP film in food packaging has been widely used, but there existed the prominent issue of poor moisture permeability in the process of using and likely condensation inside the package. Two kinds of pitted BOPP films and common unprocessed BOPP film with different oxygen permeability coefficients were selected for comparative test by taking the moisture permeability as test index. The results showed the moisture permeability was relatively larger in the pitted BOPP film with greater oxygen permeability coefficient; at the same time, the backside moisture permeability was greater than the face side in the pitted BOPP film with the same oxygen permeability; for the films with different oxygen permeability coefficients, the increased moisture permeability on backside is greater than on the face side. Therefore, not only the oxygen permeability coefficient, but also the selection of face or back side should be taken into consideration when choosing appropriate packaging BOPP film in practice.

**Key words:** BOPP; pitted film; water vapor permeability; micro processed film; moisture permeability

### 1 背景知识

微处理呼吸薄膜是指通过对薄膜进行细微处理, 以提高薄膜对于气体的选择透过性, 调节密封包装内不同气体的比例, 控制果蔬的呼吸速率, 达到延

长果蔬保质期的目的。微处理呼吸薄膜主要被应用于果蔬的气调包装中。现有对薄膜进行微处理中占主导地位的技术为机械打孔、化学试剂造孔、激光打孔等。其中, 飞秒激光消磨打坑技术是一种新型

收稿日期: 2014-02-15

作者简介: 宋倩(1987-), 女, 天津人, 天津科技大学硕士生, 主要研究方向为包装材料及包装技术,

E-mail: songqian06061123@126.com

的微加工技术,它利用超微加工技术的激光,不会融化媒介物,而是斩断与媒介物化学结合的链条,使媒介物飘散,从而使光能产生的光热能传到周边之前完成加工,因而不会在加工部位的周边留下痕迹或引起结构性变化。通过调整小坑的形状、大小、群落间隔及数量,进行均衡加工,可达到调整氧气穿透比率的目的。

透湿性能是评价保鲜包装薄膜优劣的一个重要条件,通过相关仪器的检测可知,微处理打坑薄膜取得了良好的氧气透过性能,但是忽略了关于其透湿性能的研究<sup>[1]</sup>。而对于新鲜果蔬包装而言,若包装材料的透湿性能过高,果蔬中水分排出过多,果蔬虽然没有达到萎蔫的程度,但是失水会影响果蔬的口感、脆度、颜色和风味<sup>[2-3]</sup>;若包装材料的透湿性能过低,包装内的水分不能及时排出,会导致包装内的水滴集聚,出现大量结露问题,严重影响蔬果品质,进而影响气调包装蔬果的销售。透湿性是密封材料的主要性能指标之一,通过对材料的透湿性研究,可以了解材料本身的渗透特性,从而可设计出性能更佳的材料以满足实际应用<sup>[4]</sup>。因此,研究薄膜的透湿性能具有较好的现实意义。

目前,较常用于蔬果等的包装薄膜,主要有流延聚丙烯(cast polypropylene, CPP)薄膜、双向拉伸聚丙烯(biaxially oriented polypropylene, BOPP)薄膜、聚乙烯(polyethylene, PE)薄膜等。其中, BOPP薄膜是一种非常重要的软包装材料。因BOPP薄膜无色、无嗅、无味、无毒,并且具有较高的拉伸强度、冲击强度、刚性、强韧性和良好的透明性,且与低密度聚乙烯(low-density polyethylene plastics, LDPE)、聚乙烯(polyethylene, PE)、环氧丙烷(propylene oxide, PO)、聚乙烯醇(polyvinyl alcohol, PVA)等复合后,可大大提高其阻气、阻湿、透明、耐高温和耐低温、耐蒸煮和耐油性能,可以被应用于油性食品、珍味食品、干燥食品、浸渍食品、各种蒸煮熟食、味精、煎饼、年糕等的包装中。因此,本文拟通过试验探讨经飞秒激光消磨打坑技术微处理后的BOPP薄膜的透湿性能,以指导选取和正确使用合适的保鲜包装用BOPP薄膜。

## 2 试验

### 2.1 材料与仪器

#### 1) 试验材料

透氧系数分别为 $10\ 000\ \text{mL/m}^2 \cdot 24\ \text{h} \cdot 0.1\ \text{MPa}$ 和 $15\ 000\ \text{mL/m}^2 \cdot 24\ \text{h} \cdot 0.1\ \text{MPa}$ 的打坑微处理双向拉伸聚丙烯薄膜和未处理BOPP薄膜,延边激频塑化科技有

限公司生产。

#### 2) 试验仪器

电子分析天平, AB204-S型, METTLER TOLEDO Made in Switzerland;

千分手式薄膜测厚仪, CH-1-S型, 由上海六菱仪器厂生产;

恒温恒湿试验机, ETHV-1000170-3H型, 由巨孚仪器工业股份有限公司生产;

透湿杯, 由承德市科承试验机有限公司生产。

### 2.2 试验方法

分别选取透氧系数为 $10\ 000\ \text{mL/m}^2 \cdot 24\ \text{h} \cdot 0.1\ \text{MPa}$ 和 $15\ 000\ \text{mL/m}^2 \cdot 24\ \text{h} \cdot 0.1\ \text{MPa}$ 的打坑微处理BOPP薄膜及未经处理的空白BOPP薄膜进行编号, 由于打坑薄膜有正反面之分, 故设定由打坑一侧向未打坑一侧为正面, 反之为反面, 而空白膜无正反之分。薄膜的具体编号情况为: 未经处理的空白BOPP薄膜为P0; 透氧系数为 $10\ 000\ \text{mL/m}^2 \cdot 24\ \text{h} \cdot 0.1\ \text{MPa}$ 的打坑微处理BOPP薄膜的正面为P1, 反面为P1'; 透氧系数为 $15\ 000\ \text{mL/m}^2 \cdot 24\ \text{h} \cdot 0.1\ \text{MPa}$ 的打坑微处理BOPP薄膜的正面为P2, 反面为P2'。

目前, 国内外常用的水蒸气透过率的测试方法较多, 但根据其检测原理, 可分为称重法和红外测定法两类。本研究中采用塑料工业上常用的称重法, 具体的试验操作如下:

1) 将干燥剂放入清洁的杯皿中, 其加入量应使干燥剂距试样表面约3 mm。

2) 将盛有干燥剂的杯皿放入烧杯中, 并将烧杯放在杯台上, 试样放在杯子正中, 加上杯环后, 用导正环固定试样位置, 压上压盖。

3) 取下导正环, 将熔融的密封蜡浇灌杯子的凹槽, 且密封蜡凝固后不允许产生裂纹及气泡。

4) 待密封蜡凝固后, 取下压盖和杯台, 清除粘在透湿杯边及其底部的密封蜡。

5) 称量密封好的透湿杯。

6) 将透湿杯放入调好温度、湿度的恒温恒湿箱中, 恒温箱的温度设置为 $38 \pm 0.6\ ^\circ\text{C}$ , 相对湿度设置为 $(90 \pm 2)\%$ 。

7) 将处理16 h后的透湿杯从恒温箱中取出, 放入处于 $23 \pm 2\ ^\circ\text{C}$ 环境下的干燥器中, 平衡30 min, 然后进行称量。

8) 将称量后的透湿杯重新放入恒温恒湿箱中, 以后每两次称量的时间间隔为24 h, 直到前后两次测量所得的质量增量相差不大于5%时, 结束试验<sup>[5]</sup>。

每个试样做3个平行试验, 试验结果以每组试样的算术平均值表示, 数值精确到百分位, 而且有效

结果中, 每个试样的测试值与算术平均值间的偏差不超过  $\pm 10\%$ <sup>[6]</sup>。

### 2.3 计算方法

水蒸气透过量 (water vapour transmission rate, WVT) 的计算方法如下:

$$W_{VT}=24 \cdot \Delta m / (A \cdot t),$$

式中:  $W_{VT}$  为水蒸气透过量, 单位为  $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ ;

$t$  为质量增量稳定后的两次间隔时间, 单位为  $\text{h}$ ;

$\Delta m$  为  $t$  时间内的质量增量, 单位为  $\text{g}$ ;

$A$  为试样透水蒸气的面积, 单位为  $\text{m}^2$ , 本试验中为  $0.003 \text{ m}^2$ 。

### 2.4 试验结果

本研究所得各薄膜的水蒸气透过量如表 1 所示。

表 1 各 BOPP 薄膜的水蒸气透过量

Table 1 The water vapour transmission rate of the BOPP films  $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$

序号	P0	P1	P1'	P2	P2'
1	4.33	8.65	9.26	8.76	12.09
2	4.12	7.23	9.54	8.06	12.24
3	4.23	7.57	9.08	8.24	11.80

## 3 结果讨论

按照质量迁移理论, 气体分子或者水蒸气分子之所以能透过塑料薄膜, 是因为受到高分子材料内的化学势能的驱动。水蒸气透过率与测试环境和试样个体有关; 水蒸气透过量只与测试试样自身有关, 而与环境无关; 水蒸气透过系数则仅与试样的材质有关, 是材料本身的性质。但是水蒸气透过系数仅对均匀材料有意义, 它是一批均匀材料的特性参数<sup>[7]</sup>。本试验材料经过打坑处理后可视为非均匀材料, 因此选用水蒸气透过量作为比较参数。为便于观察试验结果, 将表 1 所示数据转化为如图 1 所示直方图。

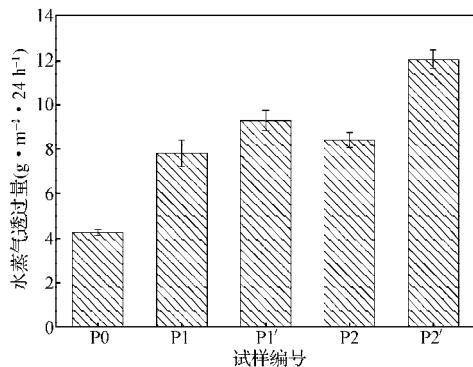


图 1 水蒸气透过量

Fig. 1 The water vapour transmission rate

从图 1 中可以看出, 经打坑微处理的 P1, P1', P2, P2' 号 BOPP 薄膜的水蒸气透过量, 均高于对照组 P0

号 BOPP 薄膜的。这一结果表明, BOPP 薄膜经打坑微处理后, 能增加薄膜的透湿性能。通过对 P0 与 P1, P2 号薄膜的水蒸气透过量进行比较, 可知经过打坑处理的薄膜的水蒸气透过量有了很大的提高, 这可能是因为: 一方面, 由于打坑部分薄膜的厚度有所减小, 导致水蒸气通过该部分薄膜所需途经的通道变短, 从而使得薄膜的透湿性能增加<sup>[8]</sup>; 另一方面, 由于打坑处理破坏了薄膜中 BOPP 分子的链段结构, 分子量分布被打散, 使得 BOPP 分子对于水蒸气的束缚能力降低, 因而水蒸气分子间的碰撞加快, 导致水蒸气的透过量大幅度提高<sup>[4]</sup>。

从试验选材来看, 薄膜 P2 的透氧系数为  $15\ 000 \text{ mL}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}$ , 而薄膜 P1 的透氧系数为  $10\ 000 \text{ mL}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}$ , P2 的透氧系数是 P1 的 1.5 倍。但是, 从表 1 和图 1 所示试验结果中可得, P2 的平均水蒸气透过量为  $8.35 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ , P1 的平均水蒸气透过量为  $7.82 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ , P2 的平均水蒸气透过量相较于 P1 的平均水蒸气透过量仅提高了 6.9%。这一结果说明, 经打坑处理的 BOPP 薄膜, 其水蒸气透过量与透氧系数的增大不是成等比例增加。造成这一结果的原因, 可能是由于薄膜在接触到水蒸气时, 其阻隔性能会变差, 透氧系数大的 P2 材料的表面附着的水蒸气肯定要更多一些, 这更有助于氧气的透过性, 因而水蒸气透过量与透氧系数不成等比例增加。

理论上来说, 打坑 BOPP 薄膜的正反面的水蒸气透过量应该是一致的。但已有试验结果表明, 二者存在一定差异, 且薄膜反面的水蒸气透过量要大于薄膜正面的。对于透氧系数为  $10\ 000 \text{ mL}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}$  的正面 P1, 其平均水蒸气透过量为  $7.82 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ ; 而反面的 P1', 其平均水蒸气透过量为  $9.29 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 。比较 P1 与 P1' 的平均水蒸气透过量, 可知 P1' 的水蒸气透过量较 P1 提高了 18.8%。而对于透氧系数为  $15\ 000 \text{ mL}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}$  的 P2, 其平均水蒸气透过量为  $8.35 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ ; 而反面的 P2', 其平均水蒸气透过量为  $12.04 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 。比较 P2 与 P2' 的平均水蒸气透过量, 可知 P2' 的水蒸气透过量较 P2 提高了 44.0%。造成这一结果的原因, 应该是由于 BOPP 薄膜上存在若干小坑, 水蒸气会大量地堆积在小坑里, 使得分子间的空隙被水分子填满而趋于饱和, 进而影响了水蒸气附着在 BOPP 薄膜上的速度, 更影响了水蒸气从坑中透过的量; 而反面不存在水蒸气堆积在坑中的情况, 水分子均匀地附着在薄膜表面。由于从坑到薄膜另一侧的厚度较薄, 路径较短, 水蒸气会优先从打坑部分透过, 因此, 反面的水蒸气透过量要大大高于正面的。

同时,从前面的分析可得,P2的平均水蒸气透过量相较于P1的仅提高了6.9%,而P2'的平均水蒸气透过量(为 $12.04 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ ),相较于P1'的平均水蒸气透过量(为 $9.29 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ ),却提高了29.6%。这一结果表明,薄膜经打坑处理后,坑孔越大,微坑处材料的堆积情况越严重,对正面水蒸气的透湿量的影响越大。

## 4 结论

1) 对BOPP薄膜进行打坑微处理,不仅能大幅度地提高薄膜的透氧性能,而且能相应地提高其透湿性能,但是二者的提高幅度不成等比例关系,透氧系数增加的量相较于其透湿量的要高,且透氧系数大的(即坑孔大的)薄膜的透湿量的增量要大于透氧系数小的;

2) 对于经过打坑微处理的BOPP薄膜,其反面的透湿性能比正面的更好。因此,在运用BOPP薄膜包装果蔬时,应注意BOPP薄膜正反面的选择,以有助于消除果蔬包装内起雾及结露现象。

3) 针对BOPP薄膜的透氧性能是否正反面也出现与透湿性能类似的情况不得而知;此外,透氧性能和透湿性能间的相互关系等,都需要进一步的试验研究,这将是今后的工作。

### 参考文献:

- [1] 王微山,赵江.水蒸气透过率、透过量与透过系数的应用[J].塑料科技,2008,36(5):70-72.  
Wang Weishan, Zhao Jiang. Application of Water Vapor Transmission Rate, Water Vapor Permeance and Water Vapor Permeability[J]. Plastics Science and Technology, 2008, 36(5): 70-72.
- [2] 曹非,张蕾.微孔薄膜在果蔬气调包装中的应用及发展前景[J].中国包装,2009(2):107-109.  
Cao Fei, Zhang Lei. The Applications and Developing

Foreground of Micro-Perforated Film in Modified Atmosphere Packaging on Fruits and Vegetables[J]. China Packaging, 2009(2): 107-109.

- [3] 赵江.薄膜水蒸气透过率测试方法的分析与比较[J].包装工程,2005,26(3):230-232.  
Zhao Jiang. An Analysis of Water Vapor Permeation Test Methods[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 230-232.
- [4] 景晓燕,刘晓冬.密封材料的透水性研究[J].化学工程师,2004(12):8-9.  
Jing Xiaoyan, Liu Xiaodong. Study on Water Vapor Transmission of Sealant[J]. Chemical Engineer, 2004(12): 8-9.
- [5] 王文生,杨少桢.果品蔬菜保鲜包装应用技术[M].北京:印刷工业出版社,2008:3-4.  
Wang Wensheng, Yang Shaohui. The Fruit and Vegetable Fresh-Keeping Packaging Application Technology[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2008: 3-4.
- [6] 陈琼,邱礼平,马细兰.高直链玉米淀粉-壳聚糖复合膜透气透水性性能研究[J].现代食品科技,2011,27(8):891-895.  
Chen Qiong, Qiu Liping, Ma Xilan. Gas Transmission and Water Vapor Transmission Properties of High-Amylose Corn Starch/Chitosan Edible Film[J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(8): 891-895.
- [7] 中华人民共和国化学工业部.GB/T1038—1988塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法:杯式法[S].北京:中国标准出版社,1988:3-5  
The Ministry of Chemical Industry of the People's Republic of China. GB/T1038—1988 Test Method for Water Vapor Transmission of Plastic Film and Sheet-Cup Method[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 1988: 3-5
- [8] 鲁健东.包装薄膜厚度与阻湿性能关系的研究[J].包装工程,2007,28(2):37-38,44.  
Lu Jiandong. Research on the Relation Between Packaging Film Thickness and Moisture Barrier Performance[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(2): 37-38, 44.

(责任编辑:廖友媛)

