

## 几种食品包装用塑料膜阻透性能比较

祝爱萍, 麦伟明, 林锡康

(广东省中山市质量计量监督检测所, 中山 528403)

**摘要:** **目的** 研究不同厚度、不同材质的食品包装用塑料膜透氧量、透湿量的变化情况, 为食品包装在阻隔性方面的选材提供依据和指导。**方法** 采用压差法和杯式法分别测试塑料膜的透氧量和透湿量。**结果** 单层塑料膜随厚度的增加, 透氧量和透湿量均减小, 阻隔性能变好。相同厚度的 PE, PET, BOPP, PA 这 4 种单层塑料膜中, PA 的透氧量最小, PE 的透氧量最大, BOPP 的透湿量最小, PA 的透湿量最大。复合膜厚度增加, 其透氧量、透湿量均减小, 但减小幅度逐渐变小。塑塑复合膜外层材料厚度不变时, 透氧量、透湿量随总厚度变化不太明显, EVOH 塑料复合膜的透氧量值和透湿量值较小, 通常在 5 以下, 铝箔塑料复合膜的透氧量值和透湿量值均小于 1。**结论** 单层塑料膜 PA 的氧气阻隔性最好, PE 的氧气阻隔性最差, BOPP 的水蒸气阻隔性最好, PA 的水蒸气阻隔性最差。复合膜中, 塑塑复合膜的阻隔性主要取决于外层材料, 铝塑复合膜的阻隔性最好, 含高阻隔材料 EVOH 的塑料复合膜的阻隔性比普通塑塑复合膜好, 其阻隔性可与铝塑复合膜媲美。

**关键词:** 食品包装; 塑料膜; 透氧; 透湿; 阻隔性

**中图分类号:** TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)01-0074-05

## Comparison on the Barrier Properties of Several Plastic Films for Food Packaging

ZHU Ai-ping, MAI Wei-ming, LIN Xi-kang

(Guangdong Zhongshan Supervision Testing Institute of Quality & Metrology, Zhongshan 528403, China)

**ABSTRACT:** The work aims to study the change of oxygen and water vapor permeability amount of plastic film for food packaging with different thicknesses and materials, so as to provide basis and guidance for food packaging in the material selection regarding the barrier property. The amounts of oxygen and water vapor permeability of plastic film were respectively measured in the pressure difference method and cup method. With the increase of the thickness, the amount of oxygen and water vapor permeability of the single layer plastic film decreased, and the barrier property became better. Among such four single layer plastic films as PE, PET, BOPP and PA of the same thickness, the oxygen permeability amount of PA was the lowest and PE's was the highest; and the water vapor permeability amount of BOPP was the lowest and PA's was the highest. With the increase of composite film thickness, both its oxygen permeability amount and water vapor permeability amount decreased, but the decrease gradually became smaller. When the thickness of the outer material of the plastic-plastic composite film remained unchanged, the oxygen and water vapor permeability amount always changed little with the total thickness. The oxygen and water vapor permeability amount of the EVOH plastic composite film was relatively low, generally less than 5. The oxygen and water vapor permeability amount of the aluminum foil plastic composite film was less than 1. Among the single layer plastic films, PA has the best oxygen barrier property and PE has the worst one; BOPP has the best barrier property of water vapor and PA has the worst one. Among the composite films, the barrier property of the plastic-plastic composite film mainly depends on the outer material. The aluminum-plastic composite film has the best barrier property. The barrier property of plastic composite film containing high barrier material EVOH is better than that of the ordinary plastic-plastic composite film and its barrier property can be comparable to that of the aluminum-plastic composite film.

**KEY WORDS:** food packaging; plastic film; oxygen permeability; water vapor permeability; barrier property

收稿日期: 2017-06-20

作者简介: 祝爱萍(1983—), 女, 工程师, 主要研究方向为食品接触材料及制品、日用塑料包装制品及玩具童车等轻工产品。

食品包装是食品的重要组成部分,目的是保护食品不受外来生物、化学和物理等因素的破坏,维持食品质量的稳定。随着包装材料及技术的不断发展,塑料包装以其质轻、美观、性优、价廉的独特优势,逐渐取代传统的金属、陶瓷、玻璃等包装成为食品包装的主流。然而,塑料包装材料的阻隔性对食品的贮存质量、保质期和货架寿命有着非常重要的影响。大部分食品容易受到环境中的水分、氧气、微生物等的污染而发生品质下降和质变,因此能阻隔水蒸气、氧气等的高阻隔食品包装近年来得到飞速发展和广泛应用<sup>[1]</sup>。如 EVOH 等新型高阻隔复合膜,越来越受到产业界的关注<sup>[2]</sup>。近年来出现的新型吸氧型阻隔性薄膜<sup>[3]</sup>、可食性复合保鲜膜<sup>[4]</sup>、抗菌塑料膜<sup>[5]</sup>、智能阻隔材料<sup>[6]</sup>、纳米复合阻隔材料<sup>[7]</sup>、多层共挤高阻隔复合膜<sup>[8]</sup>、可降解生物基塑料膜<sup>[9-10]</sup>等表明塑料包装正朝着功能化、高性能和节能环保方向发展<sup>[11]</sup>。

食品包装的阻透性主要包括阻气性和阻湿性两个方面,而透氧是透气性的主要方面<sup>[12]</sup>。不同食品对包装材料的阻隔性要求不一样,有时需要包装材料有很好的阻隔性,能阻止氧气或水蒸气渗入以避免食品氧化变质或吸潮;有时需要它有较好的透气性,以利于包装内外的气体交换<sup>[13]</sup>。各种熟食腌制食品,如鸡腿、豆腐干、火腿、香肠、腊肉等,多采用真空包装;谷物、饼干、茶叶、干果等食品对水分敏感,常采用防潮包装;针对某些水果、蔬菜,为了延长其保鲜期以利于长途运输和保存,常采用气调包装<sup>[14]</sup>。为了更好地保证食品的品质,需要选择合适的包装材料和方法,这里针对目前常用的塑料膜氧气透过量和水蒸气透过量进行测试,比较分析得出结论,为食品包装的科学选材及使用方面提供指导。

## 1 实验

### 1.1 材料与仪器

主要材料:PE 及 PA 单层膜、复合膜,中山天彩包装有限公司;BOPP 单层膜,中山永宁薄膜制品有限公司;PET 单层膜,中山市泓溢薄膜科技有限公司。主要仪器:气体透过量测试仪(VAC-V2),水蒸气透过量测试仪(W3/031),济南兰光机电技术有限公司;电子测厚仪(GH-D),广州标际包装设备有限公司。

### 1.2 方法

裁取3块平整均匀无缺陷试样,测量5点厚度并取平均值,试验前按GB/T 2918—1998对样品进行处理,将样品在温度为 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(50\pm 5)\%$ 的条件下,放置48h后开始试验。以下试验值均为3个测试结果的平均值。

### 1.2.1 氧气透过性试验

测试依据GB/T 1038—2000《塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法 压差法》。氧气透过量简称透氧量,指在恒定温度和单位压力差下,稳定透过时单位时间内透过试样单位面积的氧气体积,单位为 $\text{cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot(0.1\text{ MPa}))$ 。测试原理:塑料膜将低压腔和高压腔分开,低压腔体积已知,高压腔充有约 $10^5\text{ Pa}$ 的氧气。试样密封后用真空泵将低压腔内空气抽到接近零值,测量低压腔内的压力增量 $\Delta p$ ,可确定氧气由高压腔透过膜到低压腔的以时间为函数的气体量。

### 1.2.2 水蒸气透过性试验

测试依据GB/T 1037—1988《塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法 杯式法》。水蒸气透过量简称透湿量,指在规定的温度、相对湿度,一定的水蒸气压差和厚度条件下,1 $\text{ m}^2$ 的试样在24 h内透过的水蒸气量,单位为 $\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。测试原理:在规定条件下,试样两侧保持一定的水蒸气压差,间隔一定时间利用天平称量透湿杯质量的变化,并计算出水蒸气透过量。文中测试条件为温度 $38^\circ\text{C}$ ,相对湿度90%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单层塑料膜

不同厚度、不同材质的单层塑料膜的氧气透过量差别很大,水蒸气透过量也不同,具体情况见表1。由表1可知,不同厚度的PE单层膜、BOPP单层膜、PET单层膜、PA单层膜的氧气透过量和水蒸气透过量均随着其厚度的增加而减小,说明单层塑料膜随着厚度增加其阻隔性变好。相同厚度的PE膜、BOPP膜、PET膜、PA膜的氧气透过量由大到小的排列顺序为 $\text{PE} > \text{BOPP} > \text{PET} > \text{PA}$ ,水蒸气透过量由大到小排列顺序为 $\text{PA} > \text{PE} > \text{PET} > \text{BOPP}$ 。厚度相同的PE, PET, PA, BOPP这4种单层膜中,PE的氧气透过量和水蒸气透过量都较大,即对氧气和水蒸气阻隔性都较差,因此PE膜常用于冰箱保鲜;PET因主链含有苯环而具刚性,因含有醚键而具有较好的柔韧性,对氧气和水蒸气阻隔性较好,可用于面包等的包装;PA氧气透过量最小,水蒸气透过量最大,说明对氧气的阻隔性最好,对水蒸气的阻隔性最差,这是因为PA分子中有强极性酰胺键( $-\text{NHCO}-$ ),容易吸水,而对 $\text{O}_2$ 等非极性气体有良好的阻隔性。BOPP对氧气的阻隔性不如PA和PET,但对水蒸气的阻隔性是这4种中最好的。当被包装食品需要较强的阻氧性时,一般选用PA或者PET作为基材,当需要较好的阻湿性时一般选BOPP作为基材。由于PA, BOPP, PET的热封性能较差,故常用作复合膜的外层材料,PE和CPP的热封性能较好,常用作复合膜的内层(与

食品接触层)材料。

表1 不同材质单层膜的氧气透过量及水蒸气透过量  
Tab.1 The oxygen and water vapor permeability amount of single layer films of different materials

材质类别	厚度/ $\mu\text{m}$	氧气透过量/ $(\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (0.1 \text{ MPa})^{-1})$	水蒸气透过量/ $(\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$
PE	12	17 485.3	32.8
	20	11 860.6	22.9
	30	7016.4	16.5
	50	2187.7	7.8
	75	1620.7	5.7
BOPP	12	1740.8	6.4
	20	1323.5	4.6
	30	918.2	3.8
	50	582.5	3.0
	75	386.7	2.6
PET	12	106.4	30.2
	20	82.5	20.1
	30	62.8	14.3
	50	25.2	7.0
	75	14.1	5.4
PA	12	40.1	270.3
	15	41.2	290.6

## 2.2 复合塑料膜

几种常见复合塑料膜的氧气透过量和水蒸气透过量的测试结果见表2。BOPP复合膜的氧气透过量值高达几百,水蒸气透过量值在5以下,且随着厚度的增加,氧气和水蒸气透过量均下降,但是下降幅度越来越小。与单层塑料膜相比,复合膜成本更高,但质感、性能更好。BOPP/CPP复合膜的透明度好、光泽度高、耐热性好、阻湿性好,常用于包装干燥食品及快餐食品等,如饼干、糖果、海苔、方便面等,其缺点是普通BOPP/CPP复合膜剥离强度低,容易分层。BOPP/LDPE复合膜对氧气阻隔性不如BOPP/CPP好,阻湿性接近BOPP/CPP,适合绿茶等的包装,它的耐油性好,因此一些熟食和油脂性食品也可选用这种包装。

BOPA复合膜氧气透过量值均在50以下,水蒸气透过量值在10以下,随着厚度的增加,水蒸气透过量逐渐减小,下降幅度越来越小,氧气透过量变化不太明显。这是因为尼龙材料成本较高,BOPA厚度为15  $\mu\text{m}$ 时,BOPA/LDPE复合膜对氧气和水蒸气阻隔性已较好,耐寒性及耐油性能也不错,因此常用于真空、充气、冷冻、低温灭菌包装等。BOPA/CPP复合膜对氧气和水蒸气阻隔性比BOPA/LDPE略好一点,耐高温,可用作高温蒸煮灭菌包装。

表2 复合膜的氧气透过量及水蒸气透过量  
Tab.2 The oxygen and water vapor permeability amount of composite film

材质类别	厚度/ $\mu\text{m}$	氧气透过量/ $(\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (0.1 \text{ MPa})^{-1})$	水蒸气透过量/ $(\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$
BOPP/CPP	50	530.5	3.0
	60	459.7	2.5
	80	358.9	1.9
	90	326.7	1.8
BOPP/LDPE	50	799.8	2.9
	80	550.3	2.0
	90	429.6	1.9
BOPA/LDPE	50	40.6	6.8
	70	38.0	5.2
	90	37.6	3.9
	110	36.2	3.5
BOPA/CPP	90	36.7	3.4
	110	35.8	2.9
PET/CPP	40	82.6	6.4
	50	75.4	5.8
	60	68.9	4.8
PET/PE	50	88.7	5.6
	60	73.3	5.2
	80	69.9	4.2
PET/CPP	40	82.6	6.4
	50	75.4	5.8
	60	68.9	4.8
PET/PE	50	88.7	5.6
	60	73.3	5.2
	80	69.9	4.2

PET复合膜氧气透过量值均在100以下,50以上,水蒸气透过量值在10以下,随着厚度的增加,氧气透过量及水蒸气透过量均逐渐减小,减小幅度逐渐变小。相同厚度时,PET/CPP的透氧量及透湿量比PET/PE的略小,阻隔性稍好。PET膜具有优良的透明度、光泽度和卫生安全性,从经济的角度来讲,使用PET比PA更具有优势。PET/CPP可用于蒸煮包装。

由表2可发现,相同厚度的塑塑复合膜中外层材料(BOPP, BOPA, PET)决定复合膜的阻隔性,外层为BOPP的对水蒸气阻隔性最好,外层为BOPA的对氧气阻隔性最好,内层材料(CPP, PE)对复合膜的阻隔性影响较小,内层为CPP的复合膜比内层为PE的复合膜的阻隔性稍好。

镀铝膜及铝塑复合膜的氧气透过量及水蒸气透过量见表3,随着厚度的增加,两者氧气透过量和水蒸气透过量均下降,铝箔复合膜氧气透过量值和水蒸气透过量值都在1以下,铝箔层是主要的阻隔层,塑

料层对其阻隔性影响较小。镀铝膜中镀铝层一般为 CPP 或 PET, 镀铝层厚度、均匀性及塑料基材对其阻隔性影响较大。铝箔复合膜阻隔性能在塑料复合膜中最好, 镀铝膜次之。这类复合膜的特点是防潮、隔氧、耐油、遮光、挺性好, 可用作各类干性食品、油炸食品、茶叶、奶粉等的包装, 由于含铝箔层, 这种复合膜成本较高。

表 3 镀铝及铝箔复合膜的氧气透过量及水蒸气透过量  
Tab.3 The oxygen and water vapor permeability amount of aluminized and AL foil composite films

材质类别	厚度/ $\mu\text{m}$	氧气透过量/ $(\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (0.1 \text{ MPa})^{-1})$	水蒸气透过量/ $(\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$
BOPP/VMCPP	40	153.5	2.4
BOPP/VMCPP	50	96.4	1.7
BOPP/VMCPP	60	42.8	1.0
BOPP/VMPE T/PE	60	0.4	1.1
PET/VMPET/ CPP	60	0.5	2.3
PET/AL/PE	60	0.13	0.48
PET/AL/PE	70	0.11	0.39
PET/AL/PE	90	0.08	0.29
PET/AL/PE	110	0.06	0.24
BOPP/AL/PE	110	0.08	0.20
PET/AL/ CPP	60	0.12	0.45
PET/AL/ CPP	90	0.05	0.40
BOPA/AL/ CPP	60	0.07	0.51

不同材质的氧气透过量和水蒸气透过量也不同, 见表 4。厚度相同的几种复合膜氧气透过量由大到小排列顺序为 BOPP/ CPP > PET/PE > BOPA/LDPE > BOPP/VMCPP > PET/AL/PE, 水蒸气透过量由大到小的排列顺序为 BOPA/LDPE > PET/PE > BOPP/ CPP > BOPP/VMCPP > PET/AL/PE。说明镀铝或铝塑复合膜比塑塑复合膜阻隔性要好, 而铝塑复合膜阻隔性要优于镀铝复合膜。

乙烯-乙烯醇共聚物(EVOH)是一种高阻隔材料, 具有良好的气体阻隔性和一定耐湿性, 被广泛用于食品包装<sup>[15-16]</sup>。EVOH 常与 PA, PET, PE 等通过共挤或干法复合成膜<sup>[17]</sup>, 有研究发现, 由于 EVOH 的高阻隔性能有效抑制细菌的繁殖和脂肪的氧化, 使用这种复合膜包装新鲜猪肉的保鲜效果较好<sup>[18]</sup>。PA/EVOH/PE 也适合于火腿、腊肉等的真空包装。值得注意的是, 经卫生性能测试发现, 内层(与食品接触层)为 EVA 的复合膜, 正己烷蒸发残渣易超出标准要求, 因此不适合包装油性食品。

表 4 不同材质复合膜的氧气透过量及水蒸气透过量  
Tab.4 The oxygen and water vapor permeability amount of composite films of different materials

材质类别	厚度/ $\mu\text{m}$	氧气透过量/ $(\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (0.1 \text{ MPa})^{-1})$	水蒸气透过量/ $(\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$
BOPP/ CPP	60	459.7	2.6
BOPA/LDPE	60	42.6	5.8
PET/PE	60	73.3	5.2
BOPP/VMCPP	60	13.8	1.0
PET/AL/PE	60	0.13	0.48
BOPA/EVOH/PE	105	1.7	3.2
BOPA/EVOH/EVA	105	1.2	3.6

### 3 结语

1) 不同厚度、不同材质塑料膜的透氧量、透湿量不同, 应根据食品本身特性选择合适的包装材料, 如易受潮的干燥粉末状食品应选择透湿量小(如含 BOPP)的包装材料; 易氧化变质的食品应选择透氧量小(如含 PET 或 PA)的包装材料。易受潮且易氧化变质的食品应选择透湿量及透氧量都较小、阻隔性好的镀铝或铝塑复合包装, 也可选用含 EVOH 等高阻隔透明塑料复合包装。

2) 相同材质、不同厚度的复合膜, 其透氧量、透湿量也不同。除 BOPA/LDPE 复合膜氧气透过量随 LDPE 厚度增加无明显变化外, 其余复合膜随厚度增加, 透氧量和透湿量均减小, 阻隔性越好。随着厚度的增加, 透氧量、透湿量减小幅度逐渐降低, 而厚度增加其成本也增加, 因此在保证阻隔性的同时, 应尽量减小材料厚度, 不仅可降低成本, 还能节能减排。此外, 实验中还发现复合工艺也会影响复合膜的阻隔性, 相同厚度下, 干法复合的复合膜阻隔性能优于挤出复合的复合膜, 但干法复合使用了有机溶剂, 溶剂残留风险远高于挤出复合。

3) 镀铝膜或铝塑复合膜的透氧量、透湿量明显较低, 铝塑复合膜的阻隔性能比镀铝膜更好。含 EVOH 的新型高阻隔性塑料复合膜的透氧量、透湿量都很小, 且透明度好, 成本低, 近年来得到迅速发展。

随着生活水平的提高, 人们对塑料包装的要求也越来越高, 长期贮存食品的包装膜通常要求其具有良好的阻隔性能。厚度和材质决定了塑料膜的阻透性, 氧气和水蒸气透过量过大, 不但会造成内容物吸潮变质, 还可能增加其受袋体表面印刷油墨、粘合剂等污染的风险。根据食品特性及保存条件要求选择适当厚度和材质的包装材料, 既能保证食品的品质又能降低生产成本, 且符合节能环保的要求。

## 参考文献:

- [1] 徐丹. 浅谈包装材料的阻隔性与食品品质[J]. 上海包装, 2016(8): 39—41.  
XU Dan. Discussion on the Barrier Property and Food Quality of Packaging Materials[J]. Shanghai Packaging, 2016(8): 39—41.
- [2] 周斌. 高阻隔性 EVOH 树脂及其在食品包装上的应用[J]. 塑料包装, 2012(3): 10—13.  
ZHOU Bin. High Barrier EVOH Resin and Its Application in Food Packaging[J]. Plastic Packing, 2012(3): 10—13.
- [3] 陈昌杰. 略论阻隔性软包装材料[J]. 上海塑料, 2011(1): 14—19.  
CHEN Chang-jie. Talk about High-barrier Flexible Packaging Materials[J]. Shanghai Plastic, 2011(1): 14—19.
- [4] 岳燕霞, 崔胜文, 罗双群, 等. 复合可食性膜在果蔬保鲜中应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(11): 195—200.  
YUE Yan-xia, CUI Sheng-wen, LUO Shuang-qun, et al. The Research Progress of Compounding Edible Coatings on Fruits and Vegetables[J]. Food Research and Development, 2016, 37(11): 195—200.
- [5] 姜楠楠, 陈小亮. 抗菌膜在食品包装中的应用及发展趋势[J]. 塑料包装, 2016, 26(4): 21—23.  
JIANG Nan-nan, CHEN Xiao-liang. Application and Development of Antimicrobial Films in Food Packaging[J]. Plastics Packaging, 2016, 26(4): 21—23.
- [6] 刘丹. 高阻隔包装材料的研究进展[J]. 包装学报, 2014, 6(4): 24—30.  
LIU Dan. Research Progress of High-barrier Packaging Materials[J]. Packaging Journal, 2014, 6(4): 24—30.
- [7] 刘秋菊, 李旭阳, 陈国伟, 等. 阻隔性高分子复合材料研究与应用进展[J]. 塑料科技, 2013, 41(7): 104—108.  
LIU Qiu-ju, LI Xu-yang, CHEN Guo-wei, et al. Research and Application Progress on Barrier Polymer Composites[J]. Plastics Science and Technology, 2013, 41(7): 104—108.
- [8] 许思兰, 许国志, 孙辉. PBAT/PPC 多层共挤薄膜的制备及其阻透性能研究[J]. 中国塑料, 2016, 30(3): 38—42.  
XU Si-lan, XU Guo-zhi, SUN Hui. Preparation and Barrier Behavior of Multilayer PBAT/PPC Films[J]. Chinese Plastic, 2016, 30(3): 38—42.
- [9] 魏海英, 郭红革. 聚乳酸薄膜材料的阻隔性研究进展[J]. 包装工程, 2017, 38(11): 23—29.  
WEI Hai-ying, GUO Hong-ge. Research Progress of Barrier Properties of Polylactic Acid Film[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(11): 23—29.
- [10] 刘瑾瑾, 陆慧玲. 玉米淀粉生物降解塑料薄膜的制备及性能研究[J]. 轻工科技, 2017(6): 40—43.  
LIU Jin-jin, LU Hui-ling. Study on Preparation and Properties of Corn Starch Biodegradable Plastic Film [J]. Light Industry Science and Technology, 2017(6): 40—43.
- [11] 郭晓沛. 食品包装薄膜的研究进展[J]. 塑料科技, 2016, 44(3): 103—106.  
GUO Xiao-pei. Research Progress in Food Packaging Films[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(3): 103—106.
- [12] 刘钊, 万富, 刘洋, 等. 不同材质食品包装用塑料袋阻透性研究[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(6): 26—28.  
LIU Zhao, WAN Fu, LIU Yang, et al. Study on Permeability of Plastics with Different Materials for Food Packaging[J]. Packaging and Food Machinery, 2012, 30(6): 26—28.
- [13] 刘容宏, 王微山, 宋亚光. 不同材质食品包装用塑料膜、袋透氧性研究[J]. 塑料包装, 2011, 21(1): 41—43.  
LIU Rong-hong, WANG Wei-shan, SONG Ya-guang. Study on Oxygen Permeability of Plastic Film and Bag for Different Food Packaging[J]. Plastic Packaging, 2011, 21(1): 41—43.
- [14] 毛凯. 食品包装用塑料复合膜、袋透氧的性能[J]. 现代食品, 2017(1): 118—119.  
MAO Kai. Food Packaging with Plastic Composite Film, Bag Oxygen Permeability Performance[J]. Modern Food, 2017(1): 118—119.
- [15] 侯悫, 于鲁强. 乙烯-乙醇共聚合物的合成研究进展[J]. 石油化工, 2013, 42(12): 1405—1410.  
HOU Bei, YU Lu-qiang. Progresses in the Synthesis of Ethylene-vinyl Alcohol Copolymer[J]. Petrochemical Technology, 2013, 42(12): 1405—1410.
- [16] 褚雄燕, 杭雅娟, 胡习祯. EVOH 高阻隔材料在食品包装中的应用[J]. 轻工科技, 2012(4): 22—23.  
CHU Xiong-yan, HANG Ya-juan, HU Xi-zhen. Application of EVOH High Barrier Materials in Food Packaging[J]. Light Industry Science and Technology, 2012(4): 22—23.
- [17] 梁晓红, 呼和, 王羽, 等. 乙烯-乙醇共聚合物复合膜的力学、热学及阻隔性能研究[J]. 塑料科技, 2015, 43(6): 21—24.  
LIANG Xiao-hong, HU He, WANG Yu, et al. Study on Mechanical, Thermal and Barrier Properties of EVOH Composite Films[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(6): 21—24.
- [18] 王毅豪, 张蓉, 兰文婷, 等. 复合塑料膜对猪肉保鲜效果的研究[J]. 塑料工业, 2017, 45(2): 101—103.  
WANG Yi-hao, ZHANG Rong, LAN Wen-ting, et al. Research Progress in the Effect of Composite Plastic Film on the Preservation of Pork[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(2): 101—103.