

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2012.04.001

失水山梨醇脂肪酸酯对聚丙烯透光率的影响

高晓静, 聂 旋

(天津科技大学 包装与印刷工程学院, 天津 300222)

摘 要: 采用外涂布工艺技术制备了聚丙烯涂覆膜, 并将不同浓度的失水山梨醇脂肪酸酯溶液涂覆于聚丙烯薄膜上, 测试进行水浴实验之后的涂覆膜的透光率及力学性能, 并与未涂膜的透光率进行对比和评价。结果表明: 空白聚丙烯膜的透光率为 93.24%, 涂覆膜的透光率明显提高, 当失水山梨醇脂肪酸酯的质量分数为 12% 时, 薄膜的透光率最高, 达 96.03%; 同时, 涂层使薄膜的力学性能有不同程度的提高。红外光谱分析结果表明: 酯基团在水浴实验时水解可生成亲水基团, 改善薄膜的润湿张力, 因此薄膜表面涂覆层对透光率的改善起到了较大作用。

关键词: 失水山梨醇脂肪酸酯; 表面活性剂; 透光率; 聚丙烯

中图分类号: O623.624; O632.12

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2012)04-0001-04

Effect Analysis of Sorbitan Monooleate Coating on PP Films in Light Transmittance

Gao Xiaojing, Nie Xuan

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

Abstract : The coated PP films were produced by the means of overlaying. In the experiment, the solutions of the sorbitan monooleate with different concentration were coated on the PP films. The light transmittance and the mechanical property were tested after the water bathing, which were compared with the PP films without coating. The results indicate that the light transmittance of the coated films was higher than the films without coating whose light transmittance was 93.24%. When the concentration of the Sorbitan Monooleate was 12%, the light transmittance was up to 96.03%. In addition, the mechanical property of the coated PP films was raised. The analysis of infra-red spectrum indicated that the ester group could hydrolyze into hydrophilic group during the hydrolyzing. This could improve the surface tension of films. Therefore, the overlay played a big role in the improvement of light transmittance.

Key words the sorbitan monooleate; surfactant; light transmittance; polypropylene

0 引言

我国北方的春冬两季, 由于气候寒冷, 塑料棚内外温湿度差异较大, 致使水蒸气蒸发到棚膜内壁时凝结成水滴, 而普通塑料棚膜的表面能较低, 水滴

不能形成连续的水膜。在这种情况下, 水滴会对农作物的生长产生危害, 例如使光线发生折射和反射, 使得薄膜的透光率大大降低, 影响农作物的光合作用等^[1]; 若小水滴聚集变大, 滴落到农作物上, 会使其腐败、枯烂; 雾滴滴落后, 会增加棚内的湿度, 为

收稿日期: 2012-06-05

作者简介: 高晓静 (1987-), 女, 河北邢台人, 天津科技大学硕士生, 主要研究方向为包装材料与包装技术,

E-mail: gaoxiaojingzuibang@163.com

病虫害的产生提供了适宜的条件^[2]。这些危害会直接影响农作物的产量与质量,因此,薄膜的研发中应努力提高其透光率。

表面活性剂是指一类具固定亲水亲油基团,在溶液的表面能定向排列,并能使其表面张力显著下降的物质,分为离子型和非离子型2类。其中,非离子型表面活性剂具有良好的分散、润湿、增溶、抗静电性能,被广泛用于食品、塑料、涂料、农业等各方面。在农业中多采用喷涂方法,将配置好的溶液喷涂到薄膜表面。失水山梨醇脂肪酸酯又名司班80,是一种非离子型表面活性剂。在薄膜表面涂覆一定浓度的失水山梨醇脂肪酸酯能够控制液、固之间的润湿程度。润湿程度的提高伴随着亲水性的提高,从而影响材料的透光性能^[3]。将失水山梨醇脂肪酸酯溶液在薄膜表面形成均匀涂层的操作易于实现,工艺较简单。本实验主要通过采用不同浓度失水山梨醇脂肪酸酯表面活性剂溶液涂覆聚丙烯膜,以探究聚丙烯薄膜透光率在涂覆前后的变化,并通过红外光谱分析涂覆层对薄膜的影响。

1 实验

1.1 主要实验原料及仪器

聚丙烯(polypropylene)薄膜,自制;失水山梨醇脂肪酸酯,市售;乙醇,体积分数为95%,市售。

塑化流变仪, RM-200A型, 哈尔滨哈普电气技术有限公司;透光率/雾度测试仪, WGT-S型, 济南百戈实验仪器有限公司;电子测厚仪, DRK203A型, 济南德瑞克仪器有限公司;恒温水浴锅, 天津市中环实验电炉有限公司;拉伸试验机, Instron3369型, 美国英斯特朗公司;傅立叶变换红外光谱仪, VECTOR 22型, 布鲁克仪器公司。

1.2 不同浓度表面活性剂溶液的配制

失水山梨醇脂肪酸酯难溶于水,溶于热油及有机溶剂,在本实验中采用体积分数为95%的乙醇作为溶剂。将不同质量的失水山梨醇脂肪酸酯溶于一定量体积分数为95%的乙醇溶液中,根据其参数,分别配制出质量分数为3%, 6%, 9%, 12%, 15%的失水山梨醇脂肪酸酯表面活性剂溶液。

1.3 涂覆膜的制备工艺

本实验中聚丙烯薄膜的吹塑及涂覆工艺见图1。

图1所示聚丙烯薄膜的吹塑及涂覆路线中,塑化流变仪4个分区温度设置如下:一区为180℃,二区为190℃,三区为200℃,四区为195℃,且其输出转速为30.0~35.0 r/min,辅机转速为11.4~14.0 r/min。

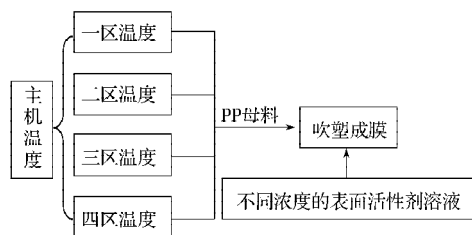


图1 涂覆膜制备原理图

Fig. 1 The schematic diagram of coated film

1.4 涂覆实验

将吹塑成型聚丙烯薄膜在室温下放置一段时间后进行涂覆实验。经测定,实验用聚丙烯薄膜的平均厚度为50 μm,将其裁成100 mm × 100 mm的样品,浸入不同浓度的表面活性剂溶液中。样品浸泡4 h后取出,室温晾干,稳定放置12 h后进行透光率实验。

1.5 透光率实验

按照GB/T 2410—2008《透明塑料透光率和雾度的测定》中的要求,使用WGT-S透光率/雾度测试仪对薄膜进行透光率实验。

首先,裁取50 mm × 50 mm方片试样;然后将裁切好的试样放在装有160 mL水的烧杯口处,并置于50℃电热恒温水浴锅中。恒温30 min后,测定试样的透光率。以未经涂膜和成雾处理的薄膜为参比。

实验过程中,要求试样尺寸可遮盖住积分球入口窗,试样两侧表面平整且平行,无灰尘、油污、异物、划痕等,且无可见的内部缺陷和颗粒。并按相应标准,在温度为(23 ± 2)℃和相对湿度为50% ± 10%的环境下,进行状态调节40 h后才进行实验。

1.6 力学性能实验

按照GB/T 1040—1992《塑料拉伸性能试验方法》中的要求,进行力学拉伸实验。按照标准裁取长条形试样,宽度为15 mm,总长度为150 mm,标距为50 mm。试样边缘要求平滑无缺口,每组5个试样。按照标准环境进行状态调节,时间不少于4 h,实验速度为50 mm/min,实验终止条件设置为拉伸位移300 mm和最大载荷达70 N,实验得出最大载荷值和断裂伸长率,拉伸强度由计算得到。

1.7 红外光谱分析

采用傅立叶变换红外光谱仪对质量分数为6%和12%的失水山梨醇脂肪酸酯溶液处理过的薄膜进行红外光谱分析。

2 结果与讨论

2.1 失水山梨醇脂肪酸酯技术指标

试验中失水山梨醇脂肪酸酯的主要技术指标见表1。

表 1 失水山梨醇脂肪酸酯的主要技术指标
Table 1 The qualification of sorbitan monooleate

外观	羟值 / (mgKOH·g ⁻¹)	皂化值 / (mgKOH·g ⁻¹)	水分	pH 值	酸值 / (mgKOH·g ⁻¹)	HLB 值
琥珀色粘稠油状物 (25℃)	190~220	140~160	≤ 1.5%	5.0~7.0	≤ 10	4.3

2.2 空白膜透光率

材料的透光率是指透光试样的光通量与射到试样上的光通量之比, 用百分数表示。按照标准条件对试样进行状态调节后进行实验, 所得自制未经涂膜的聚丙烯薄膜透光率结果见表 2。

表 2 空白膜透光率
Table 2 The light transmittance of the films without coating

编号	1	2	3	4	5	平均值
透光率 / %	93.30	93.20	93.10	93.20	93.40	93.24

由表 2 可知, 自行吹制的平均厚度约 50 μm 的聚丙烯薄膜的平均透光率为 93.24%。

2.3 涂覆膜透光率

采用透光率测试仪对各个薄膜样品的透光率进行测试, 所得结果如图 2 所示。

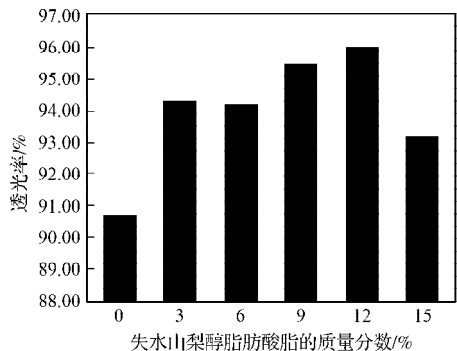


图 2 涂覆膜的透光率
Fig. 2 The light transmittance of the coated films

由图 2 可知, 未涂膜的聚丙烯薄膜在进行水浴实验后, 其透光率由 93.24% 下降到 90.73%。这是因为在水浴过程中, 由于薄膜内外温差较大, 使得内层产生了一层不透明的水雾, 从而使薄膜的透光性能大大降低。

随着失水山梨醇脂肪酸酯浓度的增加, 薄膜的透光率基本上呈上升趋势, 在失水山梨醇脂肪酸酯的质量分数为 12% 时达到最高。当失水山梨醇脂肪酸酯的质量分数为 15% 时, 薄膜的透光率最低, 为 93.18%, 与未涂膜时的透光率接近。

导致以上现象的原因是失水山梨醇脂肪酸酯的分子结构中有亲水性的羟基, 在进行水浴实验时, 羟基在薄膜表面定向排列, 提高了材料表面的润湿张力, 能对材料表面起到润湿作用, 使得水珠在材料表面形成均匀透明的水膜, 因而提高了材料的透光

率。当失水山梨醇脂肪酸酯的质量分数达 15% 时, 薄膜的透光率下降到 93.18%。究其原因, 可能是其浓度达到一定程度后, 失水山梨醇脂肪酸酯本身的性质限制了薄膜的透光性能。

亲水亲油平衡值 (hydrophile-lipophile balance number, HLB 值) 是用来评价表面活性剂的亲油或亲水程度的一个指标。HLB 值越大, 表面活性剂的亲水性越强; HLB 值越小, 表面活性剂的亲油性越强。一般而言, HLB 值为 1~40。亲油性表面活性剂的 HLB 值较低, 亲水性表面活性剂的 HLB 值较高。亲水亲油转折点 HLB 值为 10, HLB 值小于 10 的为亲油性活性剂, 大于 10 为亲水性活性剂。失水山梨醇脂肪酸酯的 HLB 值为 4.3, 属于亲油性的, 因此, 当其质量分数达 15% 时, 抑制了其亲水性。

2.4 力学性能

经测定, 吹塑的聚丙烯薄膜的横向拉伸强度为 28.64 MPa, 纵向为 36.79 MPa; 其断裂伸长率横向为 549.07%, 纵向为 523.00%, 显然均满足使用要求。经涂膜和水浴实验的聚丙烯薄膜的力学性能见表 3。

表 3 涂覆膜力学性能
Table 3 The mechanical property of the coated films

失水山梨醇脂肪酸酯 的质量分数 / %	拉伸强度 / MPa		断裂伸长率 / %	
	横向	纵向	横向	纵向
0	29.31	38.04	550.34	523.45
3	29.87	38.09	524.87	525.34
6	29.79	38.65	534.77	521.39
9	31.03	40.71	539.04	528.76
12	34.62	42.09	541.29	528.93
15	32.37	40.87	540.98	528.02

由表 3 可知, 聚丙烯薄膜的拉伸强度和断裂伸长率整体呈上升趋势, 即随着失水山梨醇脂肪酸酯浓度的增加, 薄膜的力学性能也不断增加, 在失水山梨醇脂肪酸酯的质量分数为 12% 时, 薄膜的力学性能最佳。在国家标准中, 要求厚度为 50 μm 的薄膜的拉伸强度横向大于 25 MPa, 纵向大于 35 MPa; 断裂伸长率横向大于 500%, 纵向大于 400%, 因此, 本实验吹塑制成的薄膜及涂膜均满足使用要求。

2.5 红外光谱分析

采用傅立叶变换红外光谱仪, 对用质量分数为 6% 和 12% 的失水山梨醇脂肪酸酯溶液处理过的薄膜进行红外光谱分析, 所得结果见图 3。

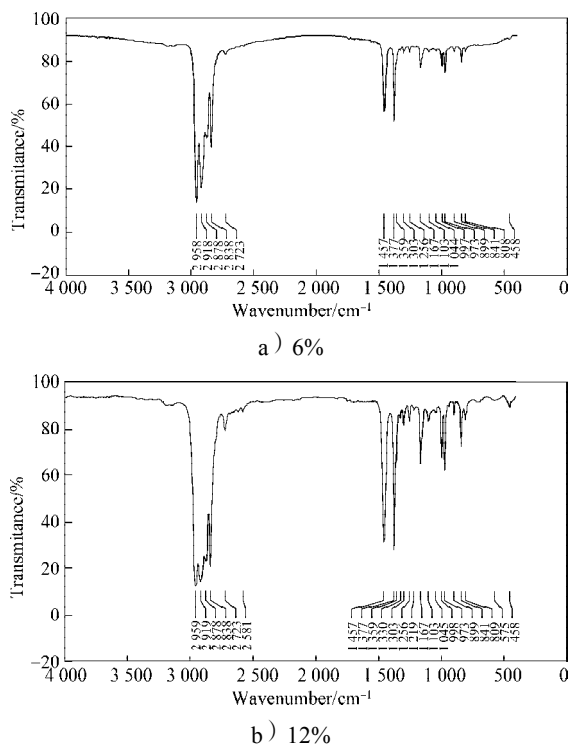


图3 不同质量分数下失水山梨醇脂肪酸酯溶液涂覆膜的红外光谱图

Fig. 3 The spectrogram of coated film with different sorbitan monooleate

对图3所示红外光谱图进行分析可知, $1\,000\text{ cm}^{-1}$ 左右的若干小峰对应样品中的有机基团(如 $-\text{CH}_3$ 等)。由于 $\text{C}=\text{O}$ 在伸缩振动时,偶极矩变化比较大,因此 $\text{C}=\text{O}$ 的跃迁几率较大,而 $\text{C}=\text{C}$ 双键在伸缩振动时的偶极矩变化很小。图谱中 $4\,000\sim 2\,500\text{ cm}^{-1}$ 为 $\text{X}-\text{H}$ 的伸缩振动区,主要包括 $\text{O}-\text{H}$ 和 $\text{C}-\text{H}$ 键的伸缩振动。在 $1\,500\sim 1\,000\text{ cm}^{-1}$ 范围内,为失水山梨醇脂肪酸酯的吸收特征峰,此范围主要为酯类的吸收波长。从图谱中可以看出,经高浓度失水山梨醇脂肪酸酯溶液处理过的薄膜在相应波长内有较大的吸收峰,低浓度的吸收峰小于高浓度的。这是由于经高浓度溶液处理过的薄膜表面相关基团的浓度较高,因此振动较强烈,从而出现了较大的吸收特征峰。图中吸收峰的强弱稍有差别,可能是由于涂覆的均匀性所致。由以上分析可知,酯基团在水浴实验时水解可生成亲水基团,此亲水基团可改善薄膜的润湿张力,因此薄膜表面涂覆层对透光率的改善起到了较大作用。

3 结论

当失水山梨醇脂肪酸酯质量分数为0~12%时,随

着其质量分数的不断增加,材料的透光率不断上升,并在质量分数为12%时达到最佳。这是由失水山梨醇脂肪酸酯本身的亲水性决定的,这种表面活性剂能够改善材料的表面张力,使材料的润湿性能增强,提高薄膜的透光率。

在实际应用中,大棚膜内层容易产生一层不透明的水雾,这层水雾实际上是由无数小水滴组成的。这层水雾大大降低了膜的透光率,影响了大棚内植物的光合作用,还可能导致棚内植物的腐烂和变质,因此,提高材料表面的亲水性至关重要^[4]。所以当大棚膜失效时,可在膜内层喷涂这种表面活性剂溶液,以提高棚膜的透光性能^[5]。

参考文献:

- [1] 郁 锋,李树材,崔永岩.聚乙烯防雾薄膜的研制: I 防雾滴剂结构与防雾性的关系[J].合成树脂及塑料,2002,19(2): 8-10.
Yu Feng, Li Shucai, Cui Yongyan. The Development of Antifogging Polyethylene Film: I The Relation Between the Antifogging Performance and the Structure of Antifogging Agents[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2002, 19(2): 8-10.
- [2] 王金雁,周立国,张文建.聚乙烯棚膜用滴流剂、消雾剂的研究现状和发展前景[J].应用化工,2008(1): 97-98.
Wang Jinyan, Zhou Ligu, Zhang Wenjian. Study on Research Status and Development of Antidripping and Antifogging Agent of Agricultural Polyethylene Greenhouse Film[J]. Applied Chemical Industry, 2008(1): 97-98.
- [3] 罗茂鲜.喷涂型纳米 SiO_x 复合防雾剂工艺及性能的研究[D].昆明:昆明理工大学,2009.
Luo Maoxian. Study on the Technology and Property of the Coating Anti-Fogging Agent with the Composite Nano SiO_x [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2009.
- [4] 熊丽萍,何忠义,刘 红.新型混合稀土氧化物防雾剂的研制[J].稀土,2007(3): 55-57.
Xiong Liping, He Zhongyi, Liu Hong. Development of Mixed Rare Earth Oxide Antifogging Agent[J]. Chinese Rare-Earth, 2007(3): 55-57.
- [5] 王晓峰.水性透明防雾涂料的研究[D].北京:北京化工大学,2000.
Wang Xiaofeng. Study on the Dope of the Anti-Fogging Property[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2000.

(责任编辑:廖友媛)

