

# 聚乳酸/茶多酚抗氧化膜的制备及其性能研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2018.06.002

吕艳娜 王一宁  
谢宜彤

大连工业大学  
轻工与化学工程学院  
辽宁 大连 116034

**摘要:**以聚乳酸(PLA)为基材,茶多酚(TP)为抗氧化剂,通过流延法制备了具抗氧化活性的可降解PLA/TP共混膜,并研究了茶多酚添加量对共混膜包装性能及抗氧化性能的影响。研究表明:茶多酚与聚乳酸基质间发生了相互作用,茶多酚在聚乳酸基质中具有较好的分散性。天然抗氧化物茶多酚的添加使共混膜的拉伸强度、断裂伸长率以及透光率降低,但显著提高了共混膜的热封强度、透湿系数、透氧系数、溶解度和自由基清除率。当茶多酚的质量分数为0.9%时,共混膜的热封强度为3.31 N/(15 mm),透湿系数和透氧系数分别是纯PLA膜的1.68倍和6倍,透光率为88.1%,自由基清除率为89.18%,是一种具有应用潜力的环境友好型食品活性包装材料。

**关键词:**聚乳酸;茶多酚;共混膜;抗氧化性;食品包装

**中图分类号:**TQ337<sup>+</sup>.1; TS206.4

**文献标志码:**A

**文章编号:**1674-7100(2018)06-0011-07

## 1 研究背景

随着人们对食品安全问题的日益重视,开发新型、绿色、安全、可再生的多功能食品包装材料,成为食品包装研发的热点。聚乳酸(poly-lactic acid, PLA)是以玉米、小麦、木薯等天然植物为原料,经发酵聚合而成的热塑性脂肪族聚酯<sup>[1]</sup>。聚乳酸制品能够被自然界中的微生物在某种环境下完全降解成二氧化碳和水<sup>[2]</sup>而重新进入生态循环。相比石油基聚合物,生产并使用PLA能够有效缓解因石化资源枯竭带来的压力,以及传统塑料包装废弃物造成的“白色污染”<sup>[3-4]</sup>。PLA薄膜具有良好的气体透过性、耐油性、后加工性、生物相容性和透明性,这使其可以被应用于保鲜包装、食品抗菌包装、药品包装等领域。目前,美国FDA(Food and Drug Administration)已批准PLA可以用于食品包装和医学材料<sup>[5]</sup>。

茶多酚(tea polyphenols, TP)是茶叶中主要的生物活性物质<sup>[6]</sup>,是茶叶中多酚类物质的总称,包括儿茶素、花苷类、黄酮类、酚酸等4大类化合物<sup>[7]</sup>。茶多酚无毒无异味,具有抗氧化、抑菌、降低胆固醇和抗癌等多种功能。因茶多酚自身不具备成膜性,故多与其他薄膜类基材共混或者复合制备抗氧化活性包装膜。高艳阳等<sup>[8]</sup>以壳聚糖为基材、茶多酚为抗氧化剂,制备了壳聚糖/茶多酚抗氧化复合膜,并通过DPPH(1,1-二苯基-2-三硝基苯肼)自由基清除率测定了薄膜的抗氧化能力,结果表明,当添加的茶多酚质量分数为30%时,复合膜的自由基清除率比纯壳聚糖膜提高了81.15%。朱明秀等<sup>[9]</sup>通过流延法制备了茶多酚/壳聚糖/聚乙烯醇复合膜,研究表明,复合膜的DPPH自由基清除率和气体阻隔性随茶多酚添加量的增大而提高。C. López-De-Dicastillo等<sup>[10]</sup>将儿茶素添加至EVO(乙烯-乙烯醇共聚物)基材中,

**收稿日期:**2018-09-18

**基金项目:**国家重点研发计划2018年度重点专项基金资助项目(2018YFD0400700),辽宁省博士科研启动基金资助项目(201601279)

**作者简介:**吕艳娜(1978-),女,辽宁大连人,大连工业大学副教授,博士,主要研究方向为生物质基功能材料,

E-mail: lvyn@dlpu.edu.cn

制备了具有抗氧化功能的 EVOH 薄膜,并将其应用于花生的包装中。C. López-De-Dicastillo 等<sup>[11]</sup>将绿茶提取物加入 EVOH 基材中制备了抗氧化膜,通过包装沙丁鱼发现,绿茶提取物能够有效防止脂肪的氧化。

目前,以天然抗氧化剂茶多酚为活性物质制备的活性包装膜,多采用壳聚糖、聚乙烯醇、大豆分离蛋白等可降解材料为基材,存在强度低、耐水性差等缺点;而以不可再生的塑料包装材料为基材,会造成白色污染。因此,本研究以生物基可降解材料聚乳酸为基材,天然抗氧化物质茶多酚为抗氧化剂,采用流延法制备活性包装膜,研究不同质量分数的茶多酚对抗氧化膜的力学性能、热封强度、阻隔性能、抗氧化性能等的影响。以期为研发基于聚乳酸的绿色活性包装材料提供基础数据和理论参考。

## 2 实验部分

### 2.1 材料与仪器

1) 主要材料:聚乳酸(PLA),深圳光华实业伟业有限公司;茶多酚(TP),纯度 98%,上海达瑞精细化学品有限公司;三氯甲烷和司班 80,均为分析纯,北京化工厂。

2) 主要仪器:自动涂布机 ZAA2300,瑞士杰恩尔公司;傅里叶红外光谱(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)仪 Spectrum 10,铂金埃尔默仪器有限公司;电子扫描显微镜 JSM-7800F,日本电子株式会社;透光率测试仪,日本东洋精机制作所;透湿性测试仪 TSY-T1、压差法气体渗透仪 BASIC201、智能电子拉力试验机 XLW,均为济南兰光机电技术有限公司制造。

### 2.2 试样制备

#### 1) 纯 PLA 薄膜的制备

称取一定量的 PLA 溶于三氯甲烷中,搅拌至完全溶解,配制成质量分数为 4% 的 PLA 溶液,再加入增塑剂司班 80,经充分搅拌混合后静置冷却消泡得到膜液。取一定量成膜液在自动涂布机上拉膜,并于 55 ℃ 下恒温干燥 12 h,得到纯 PLA 薄膜。

#### 2) 聚乳酸/茶多酚(PLA/TP)抗氧化膜的制备

在上述配置好的质量分数为 4% 的 PLA/三氯甲烷溶液中,55 ℃ 下分别添加质量分数为 0.3%、0.6%、0.9%、1.2%、1.5% 的茶多酚(TP),高速搅拌后得到混合膜液,冷却消泡后取一定量在自动涂布机上拉膜,55 ℃ 下干燥 12 h 得到 PLA/TP 膜。将薄膜置于

23 ℃,相对湿度 50%RH 环境下备用。

### 2.3 测试与表征

#### 1) 傅里叶红外光谱分析

采用傅里叶变换红外光谱仪对 PLA/TP 膜试样进行红外光谱测定,扫描范围为 4 000~500 cm<sup>-1</sup>。

#### 2) 扫描电子显微镜观察

采用 JSM-7800F 扫描电子显微镜观察 PLA/TP 膜的微观形貌。

#### 3) 力学性能测试

根据 GB/T 1040.3—2006《塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分:模塑和挤塑塑料的试验条件》,在电子拉力试验机上对 PLA/TP 膜进行拉伸强度和断裂伸长率的测试,拉伸速率为 50 mm/min。

#### 4) 热封强度测定

按照 QB/T 2358—1998《塑料薄膜包装袋热合强度试验方法》对 PLA/TP 膜进行热封强度测试。在 70 ℃ 下热封薄膜,热封宽度为 15 mm、长度为 100 mm。以热封部位为中心打开呈 180°,把试样两端夹在试验机夹具上,试验速度为 (300 ± 20) mm/min,读取断裂时的最大载荷量,记为热封强度。

#### 5) 水蒸气透过率测定

按照 GB/T 1037—1988《塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法 杯式法》,采用透湿性测试仪对 PLA/TP 膜进行水蒸气透过率的测定。测试条件:温度为 38 ℃,相对湿度为 90%RH。仪器测得数据为水蒸汽透过率 WVT,以式(1)将 WVT 转化为水蒸汽透过系数  $P_v$ 。

$$P_v = 1.157 \times 10^{-9} \times \frac{WVT \cdot d}{\Delta p}, \quad (1)$$

式中: $d$  为试样厚度,cm;

$\Delta p$  为试样两侧的水蒸汽压差,Pa。

#### 6) 氧气透过率测定

按照 GB/T 1038—2000《塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法 压差法》,采用压差法气体渗透仪对 PLA/TP 膜的氧气透过率进行测定。测试条件:温度为 23 ℃,相对湿度为 50%RH。仪器测得数据为氧气透过率  $Q$ ,将  $Q$  转化为氧气透过系数  $P$  的公式为

$$P = 1.157 \times 10^{-18} Q \cdot d. \quad (2)$$

#### 7) 透光率测定

将 PLA/TP 膜试样裁切成矩形,贴于比色皿表面,以空白比色皿作为对照,使用紫外可见分光光度计在波长 700 nm 下分别测定膜的透光率。

### 8) 溶解度测定

采用 S. Khoshgozaran-Abras 等<sup>[12]</sup>的方法, 测定 PLA/TP 膜的溶解度。将 PLA/TP 膜试样 (1 cm × 4 cm 样条) 在相对湿度为 75% RH 的环境中平衡水分 48 h 后取出。一个试样放入 105 ℃ 的烘箱, 24 h 后取出称重; 另一个试样放入 50 mL 去离子水的锥形瓶中 24 h, 然后将锥形瓶中的试样取出干燥 24 h 后称重。溶解度计算公式为

$$S = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%, \quad (3)$$

式中:  $W_i$  为试样的初始质量;  $W_f$  为试样的最终质量。

### 9) 抗氧化性能测试

PLA/TP 膜的抗氧化性用 DPPH 自由基清除率来表征。将 3 mL 浓度为 0.001 mol/L 的 DPPH 甲醇溶液与 9 mL 膜液混合, 处于暗室下反应 30 min, 然后用紫外分光光度计在 517 nm 处测定混合液的吸光值。DPPH 自由基清除率的计算公式为

$$DPPH = \frac{A_{DPPH} - A_s}{A_{DPPH}} \times 100\%, \quad (4)$$

式中:  $A_{DPPH}$  为在 517 nm 处 DPPH 甲醇溶液的吸光度;

$A_s$  为在 517 nm 处 PLA/TP 膜和 DPPH 甲醇混合液的吸光度。

## 3 结果与讨论

通过以上实验, 可得聚乳酸 / 茶多酚抗氧化膜的实验结果如下。

### 3.1 FTIR 分析

傅立叶变换红外光谱图是分析抗氧化膜中 PLA 和 TP 之间相容性的有效方法。图 1 中 a~g 是 TP 质量分数分别为 0%, 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2%, 1.5% 和 100% 的 PLA/TP 膜的 FTIR 谱图。从图可以看出, 随着 PLA/TP 中 TP 含量的增加, PLA 中出现了苯环取代现象。在 PLA/TP 的 FTIR 中 1 621  $\text{cm}^{-1}$  处出现了苯环的 C=C 特征吸收峰, 并且在 752  $\text{cm}^{-1}$  和 804  $\text{cm}^{-1}$  处出现了苯环的邻二取代和间二取代特征吸收峰<sup>[13]</sup>。谱图 d 中, 在 3 441  $\text{cm}^{-1}$  处出现了明显的宽酚羟基特征伸缩振动吸收峰。在纯 TP 的谱图 g 中, 3 000~3 550  $\text{cm}^{-1}$  处的宽峰是酚羟基 Ar—OH 伸缩振动引起的特征吸收峰。由此可知, TP 的添加使 PLA 与 TP 之间并非单纯的物理结合, 而是通过化学键连接在一起。

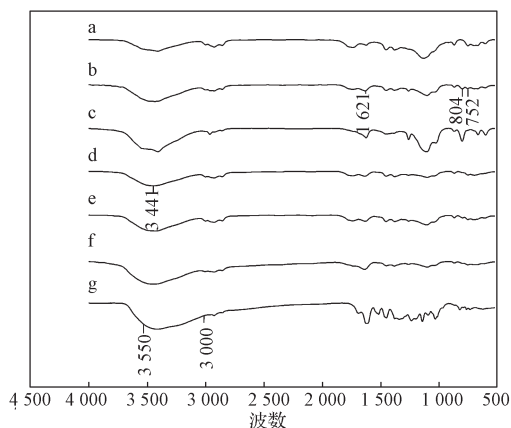
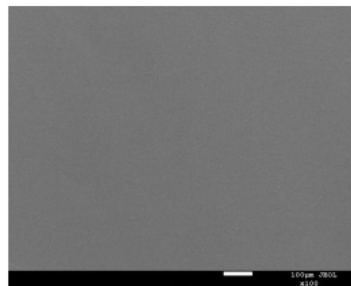


图 1 TP 含量不同的 PLA/TP 膜的 FTIR 谱图

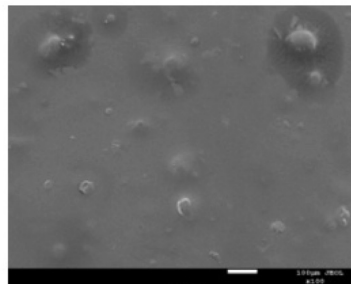
Fig. 1 Infrared spectra of PLA/TP antioxidant films with different TP additions

### 3.2 扫描电子显微镜观察

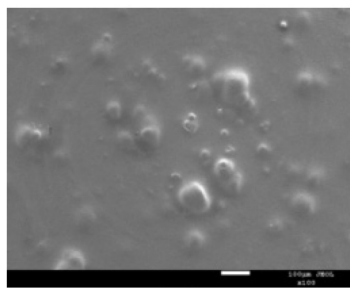
图 2 是 TP 含量不同的 PLA/TP 膜的扫描电镜 (scanning electron microscope, SEM) 图片。由图可知, 纯 PLA 薄膜的表面较为平整、紧密; 当 TP 的质量分数为 0.3% 时, PLA/TP 膜表面出现少量、分散的白色气泡; 当 TP 的质量分数达到 1.2% 时, PLA/TP 膜表面出现的气泡数量明显增多, 表面变得粗糙; 当 TP 的质量分数为 1.5% 时, PLA/TP 膜表面出现许多微孔。这可能是因为加入 TP 之后, PLA/TP 膜在干燥成型过程中, 亲水性茶多酚产生蒸汽, 在表面形成气泡, 乃至穿透薄膜时形成微孔<sup>[14]</sup>。



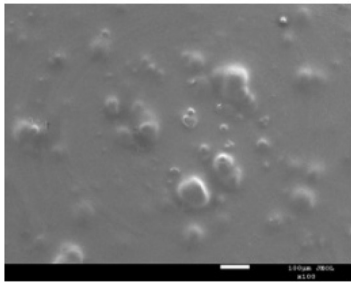
a) TP 的质量分数为 0%



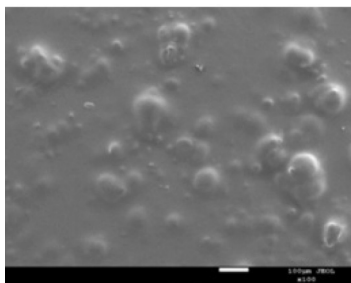
b) TP 的质量分数为 0.3%



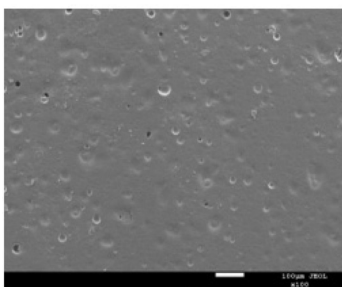
c) TP 的质量分数为 0.6%



d) TP 的质量分数为 0.9%



e) TP 的质量分数为 1.2%



f) TP 的质量分数为 1.5%

图 2 TP 含量不同的 PLA/TP 膜表面 SEM 图

Fig. 2 Scanning electron microscopy images of PLA/TP antioxidant films with different TP additions

### 3.3 力学性能分析

TP 的添加量对 PLA/TP 膜力学性能的影响如图 3 所示。由图可知,随着 TP 含量的增加,PLA/TP 膜的拉伸强度和断裂伸长率总体呈下降趋势。这是由于 PLA/TP 膜中 PLA 组分对材料力学性能起主导作用,在 PLA 和 TP 共混过程中,高速搅拌使 TP 小分子链段进入 PLA 大分子链段之间,破坏了 PLA 的结构,

导致 PLA/TP 膜的拉伸强度和断裂伸长率下降<sup>[15]</sup>。当 TP 的质量分数为 0.9% 时,PLA/TP 膜的拉伸强度略有提高,这可能是因为 TP 和 PLA 在一定程度上发生了分子间的相互作用;而随着 TP 添加量继续增大,扫描电镜结果表明,共混膜表面形成了较多数量的微孔,最终导致拉伸强度降低。

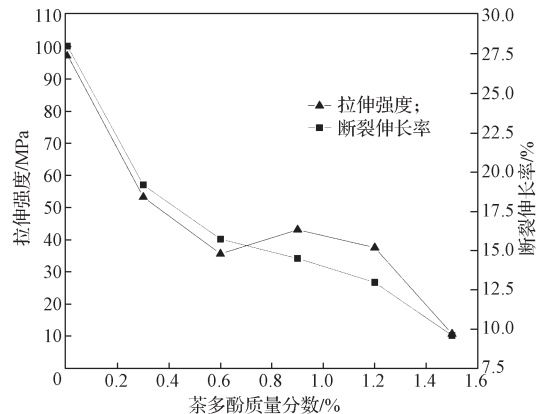


图 3 TP 含量与 PLA/TP 膜的拉伸强度及断裂伸长率关系曲线

Fig. 3 Tensile strength and elongation at break of PLA/TP antioxidant films with different TP additions

### 3.4 热封强度分析

热封强度是评价包装用膜材料质量的重要指标之一,热封强度的提高表明薄膜对内装物的保护能力增强。TP 的添加量对 PLA/TP 膜热封强度的影响如图 4 所示。

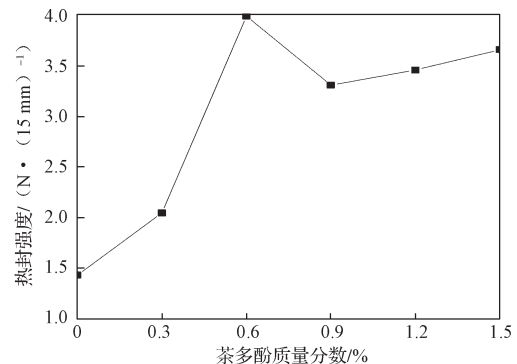


图 4 TP 含量与 PLA/TP 膜的热封强度关系曲线

Fig. 4 The thermal strength of PLA/TP antioxidant films with different TP additions

由图 4 可知,PLA/TP 膜的热封强度随 TP 添加量的增加总体呈上升趋势,且均高于纯 PLA 膜。当 TP 的质量分数为 0.6% 时,PLA/TP 膜的热封强度相对最高,可以达到 3.995 N/(15 mm);当 TP 的质量分数为 0.3% 时,PLA/TP 膜的热封强度相对最低,为 2.045 N/(15 mm)。这可能是因为纯 PLA 薄膜的热封



部位在熔融状态下, 分子间作用力较低。当加入不同质量分数的 TP 后, 在相同的热封温度、时间和压力条件下, PLA/TP 膜的热封部位表现出较大的分子间作用力, 从而使其热封强度高于纯 PLA 膜。

### 3.5 阻隔性能分析

透湿系数和透氧系数的大小关系到包装内外环境差异对包装内产品的影响<sup>[16]</sup>。TP 的添加量对 PLA/TP 膜透湿系数和透氧系数的影响如图 5 所示。

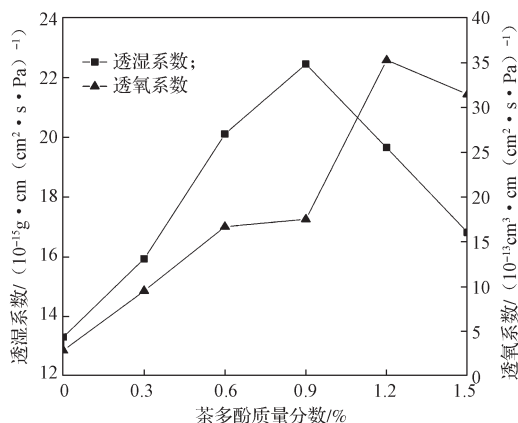


图 5 TP 含量与 PLA/TP 膜的透湿系数及透氧系数关系曲线

Fig. 5 Permeability coefficient and oxygen permeability coefficient of PLA/TP antioxidant films with different TP additions

由图 5 可知: PLA/TP 膜的透湿系数随着 TP 添加量的增加呈现先增大后减小的变化趋势。这可能是因为 TP 中含有多个酚羟基, 易与水分子结合, 有利于水分子在 PLA/TP 膜中的扩散, 进而提高了膜的透湿系数。当添加的 TP 质量分数大于 0.9% 时, PLA/TP 膜的透湿系数减小, 这主要是因为过量的 TP 和 PLA 之间的相互作用减小了 PLA/TP 膜中不同分子之间的间隙, 从而减少了水分子的透过量。PLA/TP 膜的透氧系数亦呈现先增大后减小的趋势。这可能是因为 TP 加入 PLA 基材中会导致原本致密的 PLA 薄膜表面产生微孔, 进一步增加了氧分子在 PLA/TP 膜中的透过率。而当 TP 添加量为 1.5% 时, PLA/TP 膜的透氧系数略有减小, 这可能是流延成膜过程中 TP 分散不均产生团聚现象, 从而导致透氧系数下降。

### 3.6 透光率分析

TP 的添加量对 PLA/TP 膜透光率的影响如图 6 所示。由图可知, 随着 TP 添加量的增加, PLA/TP 膜的透光率降低。这是因为 TP 本身为浅黄色粉末状物质, 当与 PLA 共混时, 其自身色泽对薄膜产生影响,

从而影响 PLA/TP 膜的透光率<sup>[17]</sup>, TP 含量增大导致薄膜颜色加深。当 TP 的质量分数为 1.5% 时, 薄膜的透光率仍旧大于 80%, 这说明少量添加 TP 仍然可以保持薄膜较高的透明度。

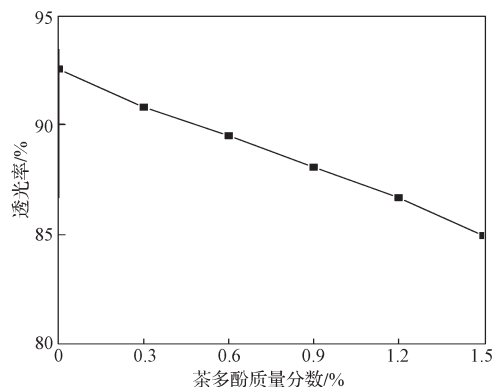


图 6 TP 含量与 PLA/TP 膜透光率的关系曲线

Fig. 6 Transmittance of PLA/TP antioxidant films with different TP additions

### 3.7 溶解度与抗氧化性分析

溶解度表明活性包装材料中的功能性成分在水中的溶出情况<sup>[18]</sup>; PLA/TP 膜的 DPPH 自由基清除率表明薄膜的抗氧化性。TP 的添加量对 PLA/TP 膜的溶解度与 DPPH 自由基清除率的影响如图 7 所示。

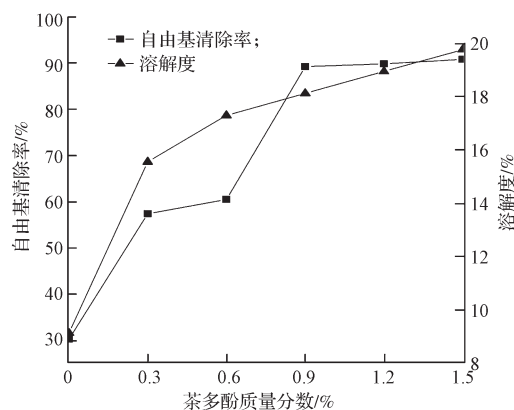


图 7 TP 含量与 PLA/TP 膜自由基清除率及溶解度的关系曲线

Fig. 7 Free radical scavenging rate and solubility of PLA/TP antioxidant films with different TP additions

由图 7 可知, PLA/TP 膜的溶解度随着 TP 添加量的增加显著增大, 这是因为 TP 分子结构中含有大量酚羟基, 属亲水性物质。PLA/TP 膜溶解度的大小也能间接反映其自由基清除率的高低。

由图 7 还可知, TP 的加入, 显著提高了 PLA/TP 膜的 DPPH 自由基清除率, 即提高了薄膜的抗氧

化性能。随着 TP 添加量的增加,薄膜的抗氧化能力明显提高,其抗氧化能力均大于纯 PLA 薄膜。当 TP 的添加量为 1.5% 时,PLA/TP 膜对自由基的清除率达 90.73%,抗氧化能力最优。由此可见,TP 的加入能够有效提高薄膜的抗氧化性能,有利于增强食品包装的保鲜性能,从而延长食品的货架期。

## 4 结论

综上所述可得如下结论:

1) FTIR 分析表明,PLA/TP 抗氧化膜与纯 PLA 膜的谱图间存在差异,TP 与 PLA 之间在一定程度上发生了化学反应。

2) TP 的加入使 PLA/TP 抗氧化膜的拉伸强度、断裂伸长率降低和透光率降低,但使热封强度提高。当 TP 的质量分数为 0.9% 时,PLA/TP 抗氧化膜的透湿系数最大,比纯 PLA 膜提高了 68%;当 TP 的质量分数为 1.2% 时,PLA/TP 膜的透氧系数最大,比纯 PLA 膜提高了 1 221%;当 TP 的质量分数为 0.6% 时,PLA/TP 膜的热封强度最佳,比纯 PLA 膜提高了 179%。

3) TP 的加入有效提高了 PLA/TP 膜自由基清除率,自由基清除率约是纯 PLA 薄膜的 3 倍,显著地增强了共混膜的抗氧化能力。

## 参考文献:

- [1] 孟志芬. 聚乳酸类材料的性能与应用 [J]. 河南职业技术学院学报, 2004, 32(1): 51-53.  
MENG Zhifen. The Properties and Applications of Polylactides Materials[J]. Journal of Henan Vocational-Technical Teachers College, 2004, 32(1): 51-53.
- [2] 王建清, 符秀科, 金政伟, 等. 全降解聚乳酸薄膜的增塑改性 [J]. 包装工程, 2009, 30(11): 28-30.  
WANG Jianqing, FU Xiuke, JIN Zhengwei, et al. Plasticization of Fully Degradable PLA Film[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(11): 28-30.
- [3] AURAS R, HARTE B, SELKE S. An Overview of Polylactides as Packaging Materials[J]. Macromolecular Bioscience, 2004, 4(9): 835-864.
- [4] BONILLA J, FORTUNATIE, VARGAS M, et al. Effects of Chitosan on the Physicochemical and Antimicrobial Properties of PLA Films[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 119(2): 236-243.
- [5] 钱浩杰, 穆宏磊, 郜海燕, 等. 聚乳酸抗菌包装中麝香草酚在食品模拟物中迁移规律 [J]. 食品科学, 2018, 39(3): 274-281.
- [6] LI T T, HU W Z, LI J R, et al. Coating Effects of Tea Polyphenol and Rosemary Extract Combined with Chitosan on the Storage Quality of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena Crocea*)[J]. Food Control, 2012, 25(1): 101-106.
- [7] 蓝鸿雁. 茶多酚缓释抗氧化膜的制备及其缓释性能研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2017.  
LAN Hongyan. Study on Preparation and Sustained Release Performance of Tea Polyphenols Antioxidant Film[D]. Nanning: Guangxi University, 2017.
- [8] 高艳阳, 赖仰洲, 李昭昭, 等. 基于茶多酚的壳聚糖基抗氧化复合膜的制备与性能研究 [J]. 化工新型材料, 2016, 44(6): 178-180, 183.  
GAO Yanyang, LAI Yangzhou, LI Zhaozhao, et al. Study on the Preparation and Performance of Chitosan Matrix Antioxidant Composite Film Based on Tea Polyphenol[J]. New Chemical Materials, 2016, 44(6): 178-180, 183.
- [9] 朱明秀, 黄崇杏, 蓝鸿雁, 等. 茶多酚对壳聚糖/聚乙烯醇复合膜性能的影响 [J]. 包装工程, 2018, 39(5): 110-114.  
ZHU Mingxiu, HUANG Chongxing, LAN Hongyan, et al. Effect of Tea Polyphenols on Properties of Chitosan/Polyvinyl Alcohol Composite Films[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(5): 110-114.
- [10] LÓPEZ-DE-DICASTILLO C, PEZO D, NERÍN C, et al. Reducing Oxidation of Foods Through Antioxidant Active Packaging Based on Ethyl Vinyl Alcohol and Natural Flavonoids[J]. Packaging Technology and Science, 2012, 25(8): 457-466.
- [11] LÓPEZ-DE-DICASTILLO C, GÓMEZ-ESTACA J, CATALÁ R, et al. Active Antioxidant Packaging Films: Development and Effect on Lipid Stability of Brined Sardines[J]. Food Chemistry, 2012, 131(4): 1376-1384.
- [12] KHOSHGOZARAN-ABRAS S, AZIZI M H, HAMIDY Z, et al. Mechanical, Physicochemical and Color Properties of Chitosan Based-Films as a Function of Aloe Vera Gel Incorporation[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 87(3): 2058-2062.
- [13] 王彦广, 吕 萍, 傅春玲, 等. 有机化学 [M]. 3 版. 北京: 化学工业出版社, 2015: 12-23.

- WANG Yanguang, LÜ Ping, FU Chunling, et al. Organic Chemistry[M]. 3rd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2015: 12–23.
- [14] AHMAD M, BENJAKUL S, PRODRAN T, et al. Physico-Mechanical and Antimicrobial Properties of Gelatin Film from the Skin of Unicorn Leatherjacket Incorporated with Essential Oils[J]. Food Hydrocolloids, 2012, 28(1): 189–199.
- [15] 费燕娜, 高卫东, 王鸿博, 等. 茶多酚 / 聚乳酸复合纳米纤维膜的制备及抗菌性能研究 [J]. 材料导报, 2010, 24(8): 42–45.
- FEI Yanna, GAO Weidong, WANG Hongbo, et al. Preparation and Antibacterial Performance of TP-PLA Composite Nanofiber Films[J]. Materials Review, 2010, 24(8): 42–45.
- [16] 周晓明, 盛杰, 刘旭, 等. 豌豆淀粉 / 聚乳酸双层膜的制备与性能表征 [J]. 生物质化学工程, 2018, 52(2): 18–22.
- ZHOU Xiaoming, SHENG Jie, LIU Xu, et al. Preparation and Characterization of Pea Starch/Poly(lactic Acid) Double Layer Film[J]. Biomass Chemical Engineering, 2018, 52(2): 18–22.
- [17] VILLALOBOS R, CHANONA J, HERNÁNDEZ P, et al. Gloss and Transparency of Hydroxypropyl Methylcellulose Films Containing Surfactants as Affected by Their Microstructure[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(1): 53–61.
- [18] 张蓉, 王淑瑶, 王毅豪, 等. 聚乳酸-壳聚糖-茶多酚复合膜的制备及其性能 [J]. 工程塑料应用, 2017, 45(6): 46–51.
- ZHANG Rong, WANG Shuyao, WANG Yihao, et al. Preparation and Properties of Poly(Lactic Acid)-Chitosan-Tea Polyphenols Composite Membrane[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(6): 46–51.

## Study on the Preparation and Performance of Polylactide Matrix Antioxidant Blend Films Based on Polyphenol

LÜ Yanna, WANG Yining, XIE Yitong

( College of Light Industry and Chemical Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning, 116034, China )

**Abstract:** PLA/TP biodegradable blend film was prepared by choosing polylactide(PLA) as film forming substrate, and tea polyphenols(TP) as antioxidant. The effects of tea polyphenols content on the packaging properties and oxidation resistance of blend films were studied. The results showed that there were reactions between tea polyphenols and polylactic acid copolymer, and tea polyphenols had good dispersibility in polylactic acid matrix. The addition of tea polyphenols decreased the tensile strength, elongation at break and light transmittance of the blend films, but obviously improved the heat sealing strength, barrier property, oxidation resistance and free radical scavenging rate. When the mass fraction of tea polyphenols was 0.9%, the heat sealing strength of the blend film was 3.31 N/(15 mm), the coefficient of moisture and oxygen permeability were 1.68 and 6 times that of pure PLA respectively, the light transmittance was 88.1%, the free radical scavenging rate was 89.18%. The blend film has application potential in eco-friendly active food packaging material.

**Keywords:** polylactic acid; tea polyphenol; blend film; oxidation resistance; food packaging