

# 乳酸增塑剂对可降解一次性 餐饮具负重性能的影响

王银泉 刘鑫 赵丽梅

(蚌埠市产品质量监督检验研究院, 安徽 蚌埠 233000)

**摘要** 由于淀粉本身力学性能较差, 需要对其进行物理或化学改性, 以提高其力学性能。本文主要通过对聚乳酸(PLA)材料的特性研究, 通过添加增塑剂对可降解一次性餐饮具负重性能的影响研究, 根据GB/T 18006.1-2020标准中的实验方法对负重性能进行测定并找寻其中规律, 以期对提高企业产量, 降低企业成本和对后续产品的研究具有一定的参考。

**关键词** 聚乳酸 增塑剂 可降解一次性餐具 负重性能

**中图分类号**: X38; TQ41

**文献标识码**: A

**文章编号**: 1007-0745(2022)08-0068-03

近年来, 各国对环境保护问题日益关注, 越来越多的国家禁止塑料一次性餐饮具的生产和使用, 一次性餐饮具因为其腐蚀性强和不易降解会对环境造成严重的“白色污染”, 这与现在“人类与环境和平共处的主体”相悖。而且这些塑料餐饮具会对土地造成危害, 假以时日土地将不能继续耕种<sup>[1]</sup>。针对这一问题, 使用另外一种材料代替塑料成为主要的任务, 一次性可降解餐具可以解决这一问题, 可降解餐具其材料主要包括玉米秆、麦秸、花生壳等, 通过添加食用粘合剂、再通过模具进行热压最后做成不同类型的产品。这种一次性可降解产品不会造成污染, 使用后会自然降解而且其强度高, 可塑性强, 外观也比塑料一次性餐饮具美观。国家针对这种产品制定了《一次性可降解餐饮具通用技术条件》, 但是这种理想型的餐具目前也存在一定的问题。台州富岭塑胶有限公司、国家塑料制品质量监督检验中心、安徽丰原生物新材料有限公司等企业继续对可降解餐饮具产品进行开发和改进<sup>[2]</sup>。

聚乳酸(PLA)又称为聚丙交酯, 其原料是乳酸, 主要来自淀粉(如玉米、大米)等发酵, 属于“绿色塑料”, 是国家大力推广的一种绿色包装材料, 满足可持续发展的要求。PLA应用领域也比较广泛, 除了在一次性餐饮具的使用外, 还在汽车车门、服装、电器和医疗卫生等领域有应用。开发聚乳酸材料不仅能对环境问题的缓解有帮助而且对全球能源的节省起到关键性作用<sup>[3]</sup>。

## 1 聚乳酸材料性能

聚乳酸材料具有良好的透明性和一定的韧性、生物相容性及耐热等性能, 这些性能是其能作为可降解

材料的重要因素。聚乳酸材料热稳定性好, 加工温度与传统纤维相比要更耐温。光学方面, 聚乳酸材质折射率较低、抗紫外线强度高, 光泽度强等优点。化学性能方面, 脱色能力和抗菌性能是可降解材料的两个主要指标, 聚乳酸可以很好地将二者结合。由于聚乳酸材料使用后能被自然界中的微生物完全降解, 最终生成二氧化碳和水, 如何控制其材料性能会成为另一个难点, 力学性能差影响可降解性能, 如何保障力学性能的稳定是研究可降解聚乳酸材料的另一个难点。目前, 可以通过添加增塑剂的方式将淀粉与聚合物充分混合通过模具成为可降解一次性餐具, 主要的方法是将PVC树脂、DOP、聚酯增塑剂同时加入, 可以使聚乳酸塑化完全, 增加了分子间的相互运动。而且聚酯增塑剂相容性高, 耐久性强, 增塑效率高, 是目前提高淀粉基可降解聚乳酸一次性餐具力学性能的最好方法之一<sup>[4-5]</sup>。

## 2 聚乳酸增韧研究

聚乳酸属于硬质材料, 弹性模量高, 但质地脆, 难以满足高韧性的要求。要增加其韧性必须考虑其冲击强度和拉伸强度两方面。冲击强度是材料韧性的一种指标, 通常定义为试样在冲击载荷的作用下折断或折裂时, 单位面积所吸收的能量。冲击强度和拉伸延展相互作用于材料样品上造成材料的形变并最终到达断裂的过程, 这一过程材料不断吸收能量, 材料的韧性就是其吸收能量的过程<sup>[6-7]</sup>。在冲击测试中, 由于能量的吸收, 会产生裂纹, 通过观察裂纹的缺口来判断其所受的冲击能力强度, 要想增加其冲击强度就要减

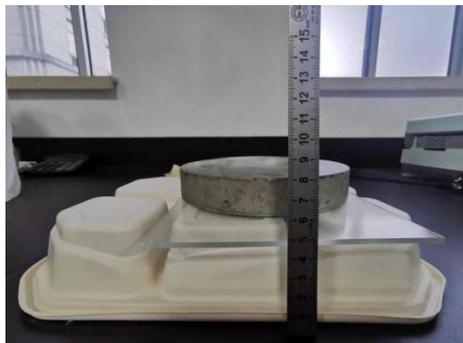


图1 未添加增塑剂

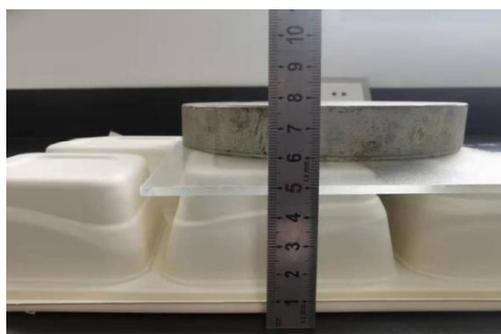


图2 添加增塑剂

小其缺口,使聚乳酸内部发生团聚,降低缺口冲击强度,也可以改变其断裂方式,提高韧性。断裂方式对外部温度和能量的要求较高,要改变其载荷类型,所以选用增加聚酯增塑剂方式增韧,加强其冲击强度,改善其拉伸韧性,使其发生弹性形变相对容易,更容易实现分子间的聚合使生产的成品可塑性增强<sup>[8-9]</sup>。

### 2.1 聚乳酸增塑机理

增塑可以有效提高 PLA 的柔韧性。添加增塑剂可以有效提高 PLA 的断裂伸长率和拉伸任性,可以增加聚乳酸产品的韧性,但是添加增塑剂会出现迁移和空穴的问题。迁移问题会导致产品不稳定,力学性能改善效果不明显。空穴问题则会导致局部剪切应力变小,应力分布不均匀,屈服应力变大,产品发生变形。缺口冲击强度降低,在外力作用下,断裂伸长率显著增高,脆性的聚乳酸更容易发生断裂。如何降低这两种问题的出现,主要在增塑剂的基础上继续添加相关复合材料,这些材料与增塑剂具有很好的相容性。并且能改变增塑剂可降解性与冲击性<sup>[10]</sup>。目前市面上比较好的是聚乙二醇(PEG)和聚三亚甲基碳酸酯两种材料添加入增塑剂中。PEG 不会影响 PLA 的结晶程度和可降解性,而且 PEG 和 PLA 具有较好的相容性。根据试验得出增加 PEG 后,断裂伸长率可以达到 200%,聚乳酸的

韧性也可以达到 150% 左右,聚乳酸的断裂伸长率和冲击强度都有显著增强。加入聚三亚甲基碳酸酯这种材料则是不会让聚乳酸发生热变形,避免损失和消耗能量,更好地阻止其发生弹性形变,从而达到增韧和增塑的作用<sup>[11-12]</sup>。

聚乳酸本身存在韧性低、可塑性差等缺点,增塑剂的添加很好地解决了这一问题。增塑剂主要提高了聚乳酸本身的机械性能,其中包括断裂伸长性、抗冲击性能,在《一次性可降解餐饮具通用技术条件》中负重性能作为一个重要指标影响可降解餐饮具的使用能力。由于可降解餐饮具在运输过程中会出现挤压情况,所以负重性能要达到运输要求<sup>[13-14]</sup>。常温下拉伸模量要达到要求的 0.5Gpa。现在就通过 GB/T 18006.1-2020 负重性能实验验证添加增塑剂的聚乳酸产品其延展性能是不是得到提升,负重性能是否增加。

### 2.2 静力学分析基础知识

应力:单位面积上所承受的力。如式(1)所示:

$$\sigma_{ij} = \lim_{\Delta A_i \rightarrow 0} \frac{\Delta F_j}{\Delta A_i} \quad (1)$$

式中:

$\sigma_{ij}$ ——应力。

$\Delta F_j$ ——在 j 方向的矢力。

$\Delta A_i$ ——在*i*方向的受力面积。

在聚乳酸材料的一次性饭盒上施加固定向下的外力 $F_j$ 的力,并取饭盒的受力方向上的面积 $\Delta A_i$ ,使材料内部产生互相作用的力,从而使饭盒发生弹性应变。从发生变形到恢复原状态,一次性饭盒发生能量的释放,按照载荷的相互作用,正应力 $\sigma$ 和切应 $\tau$ 也会因为受到外力的作用而增强,方向也会从相互平行变为相互垂直,拉伸压缩的应力和发生弯曲的应力最后会通过扭转发生可见的变形,通过测量变形量就可以得到其变形程度。通过这一机理研究聚乳酸材料添加增塑剂后其变形程度<sup>[15]</sup>。

### 2.3 增塑剂对一次性塑料餐饮具负重变化率的影响

根据GB/T 18006.1-2020中负重试验的实验方法<sup>[16-17]</sup>,取试验一只,将盛装食品的主体部分倒扣排放在平滑玻璃板上,再放上另一块平板玻璃。先用金属尺测量平板玻璃下表面至桌面的高度。然后将3kg砝码置于平板玻璃中央处,负重1min立即精确测量上表面高度。未添加增塑剂如图1所示,添加增塑剂的如图2所示。根据公式(2)得出变化率。

$$W = \frac{|H_0 - H|}{H_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

W——试样的负重变化率。

$H_0$ ——试样负重前高度,单位为毫米(mm)。

H——试样负重后高度,单位为毫米(mm)。

$H_0$ 为53mm,  $H_1$ 为48mm,负重变化率W1是9.4%。 $H_2$ 为52mm,负重变化率W2是1.9%。可以看出添加增塑剂的一次性餐饮具负重变化率低,形变量低,韧性更好,餐饮具更稳定。通过实验可以得出添加增塑剂的产品其负重性能更好,韧性更好,增塑剂在一定程度上改变了模型的弹性变量使其具有更好的变形力。另一方面,增塑剂的使用也会导致产品在后续保存方面存在稳定性不足的问题。高温和潮湿会使可降解餐具发生溶解,存在隐患,对身体造成影响。人们在日常使用过程中会存在真安全隐患。后续会继续研究如何通过控制增塑剂的量来减少食品安全隐患。

### 3 结语

我国的可降解材料产业已具备一定的规模,技术方面也取得了一些突破。产能方面,目前国内PLA可降解材料相关产品产能不断提高已经可以达到量产并且融入人们的生活当中。在产能激增的背后,可降解材料的发展仍存在若干问题,可降解产品结构不合理,

可降解核心技术不成熟,增塑剂的相容性还存在问题,不能大规模生产等,不过我们会继续研究,突破困境,减少与发达国家的差距。

### 参考文献:

- [1] 高伟娜,赵雄燕,孙占英,等.聚乳酸复合材料的研究进展[J].塑料,2014,43(05):39-41,63.
- [2] 邓艳丽,杨斌,苗继斌,等.聚乳酸增韧研究进展[J].化工进展,2015(11):3975-3978.
- [3] 史可,苏婷婷,王战勇.可降解塑料聚乳酸(PLA)生物降解性能进展[J].塑料,2019,48(03):36-41.
- [4] 徐杨,熊英,郭少云.软质PVC制品中增塑剂迁移带来的问题及应对[J].化学进展,2015,27(02):286-296.
- [5] 高静,李红玉,马瑾玮,等.国内外增塑剂的研究与发展趋势[J].化工技术与开发,2019,48(12):49-52,57.
- [6] 黄子翔,刘一帆,王越,等.可降解聚乳酸复合膜的制备与性能表征[J].塑料,2021,50(01):117-122.
- [7] 孙浩程,崔玉磊,王宜迪,等.生物基可降解塑料物理改性研究进展[J].现代塑料加工应用,2021,33(01):56-59.
- [8] 刘文涛,徐冠桦,段瑞侠,等.聚乳酸改性与应用研究综述[J].包装学报,2021,13(02):3-13,19.
- [9] 姚逸,王超军,欧阳春平,等.生物降解塑料聚乳酸研究进展[J].广东化工,2021,48(17):75-76.
- [10] 李文鸿,秦海峰.一次性可降解餐饮具水性涂层树脂的研制[J].中国胶粘剂,2002,11(03):33-35.
- [11] 丘林燕.GB/T 18006.3-2020《一次性可降解餐饮具通用技术要求》内容解读[J].塑料包装,2021,31(03):30-33.
- [12] 一次性可降解餐饮具通用技术条件1999-11-19发布2000-01-01实施国家质量技术监督局发布[J].塑料包装,2001,11(04):45-48.
- [13] 一次性可降解餐饮具国家标准发布[J].铁道技术监督,2000(02):15.
- [14] 张楠,肖建芳,陈静茹,等.一次性餐饮具负重性能试验仪的研制[J].自动化与仪器仪表,2019(06):16-17,22.
- [15] 朱珠,黄婷婷.一次性塑料餐饮具的负重性能研究[J].中国标准化,2019(20):206-207.
- [16] 一次性餐具负重性能不过关[J].大众标准化,2014(11):46-47.
- [17] Williams H,Wikstrom F.Environmental Impact of Packaging and Food Losses in a Life Cycle Perspective:A Comparative Analysis of Five Food Item[J].Cleaner Production,2011,19(01):43-48.