

蔗渣纤维发泡缓冲包装材料研究

解林坤^{1,2}, 强明礼¹, 何蕊¹, 张旭良¹

(1. 西南林学院, 云南 昆明 650224; 2. 天津科技大学, 天津 300222)

摘要: 以蔗渣和淀粉为主要原料, 通过微波发泡研制了一种可降解的缓冲包装材料。研究结果表明: 丙三醇、碳酸氢铵、水、发泡时间、发泡温度、聚乙烯醇、淀粉含量均是影响产品性能的主要因素。选用发泡温度为 100 °C, 发泡时间为 90 s, 当蔗渣、水、PVA、淀粉、丙三醇、碳酸氢铵的质量比为 1:7.5:0.375:1:0.75:0.5 时, 得到的产品性能最佳, 产品的应力-应变曲线接近直线, 可认为是线弹性材料。

关键词: 蔗渣; 微波发泡; 缓冲包装材料; 静态压缩

中图分类号: TB484

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2009)01-0019-04

Study of Foam Cushioning Packaging Material of Bagasse Fibres

Xie Linkun^{1,2}, Qiang Mingli¹, He Rui¹, Zhang Xuliang¹

(1. Southwest Forestry College, Kunming 650224, China; 2. Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: Bagasse and starch were used as the main raw materials to manufacture biodegradable cushiony package material by microwave foaming. The result indicated that the content of glycerol, NH_4HCO_3 , water, foaming time, foaming temperature, PVA and starch can all impact the performance of product. When setting foaming time as 90 s, foaming temperature 100 °C and ration of bagasse:water:PVA:starch:glycerol: NH_4HCO_3 as 1:7.5:0.375:1:0.75:0.5, the performance of product is optimal, the stress-strain curve of the product presents a straight line and the product can be considered a linear elastic material.

Key words: bagasse; microwave foam; cushioning packaging material; static compression

0 引言

包装工业兴起的同时, 人类面临着资源危机和防治污染的双重压力, 这就要求产品的缓冲包装不仅仅是保护产品在运输过程中不受损坏, 而是在考虑结构的合理性和成本经济性的同时, 还要考虑材料的环保性, 特别是缓冲包装材料的选用^[1]。甘蔗是中国最有潜力的生物能源作物, 中国南方 9 省(区)适宜种植甘蔗的土地面积在 200 万 hm^2 以上^[2], 故开发以蔗渣为原料的绿色包装材料, 对改进机电产品包装、节约能源、保护环境具有重要意义, 且符合国际包装的发展趋势^[3]。

目前, 国内外对于可降解可再生缓冲包装材料的研究均处于实验室研究阶段, 如戴宏民等^[4]探讨了发

泡植物纤维制品关键工艺技术, 吴其叶等^[5-6]探讨了植物纤维发泡制品及成型技术, 吕艳娜等^[7]研究了用废纸制取缓冲包装材料的研究; 德国不莱梅 PSP 公司采用旧书、废报纸和面粉作原料开发出发泡纸生产工艺, 日本帝人公司开发出以纸浆做原料的新型环保型发泡材料^[8]。但对蔗渣纤维发泡缓冲包装材料的研究报道较少, 本文的研究将为可降解可再生缓冲包装材料的研发奠定一定的基础。

1 实验材料与方法

1.1 材料与设备

甘蔗渣: 云南龙川糖厂提供, 粉碎后通过 40 目留

收稿日期: 2009-06-26

基金项目: 西南林学院科研基金资助项目(200517M)

作者简介: 解林坤(1974-), 男, 云南玉溪人, 西南林学院讲师, 天津科技大学博士生, 主要研究方向为包装材料, 木材功能性改良, E-mail: xielinkun@163.com

于60目上的蔗渣纤维;丙三醇:重庆川江化学试剂厂;玉米淀粉:昆明淀粉糖厂出品;碳酸氢氨:天津市化学试剂三厂;PVA1750:天津市化学试剂六厂三分厂。

电热鼓风数显恒温干燥箱:101 A-1型,上海市崇明实验仪器厂;微波炉:WD 900 ASL,格兰仕;岛津万能材料力学试验机:AG-1,50 kN,岛津国际贸易上海有限公司;自制模具:长×宽×高为75 mm×55 mm×35 mm。

1.2 实验方法

在前期探索性实验的基础上发现,碳酸氢铵、丙三醇、水、淀粉、PVA、发泡时间、发泡温度均是影响成品质量的重要因素,为了得到最佳工艺配比,因此选择这7个因素做7因素3水平正交实验进行分析,正交表的设计如表1所示。在整个实验过程中,为了减少工作量和实验次数,并便于分析和比较,我们把蔗渣的用量固定,只考虑这7个因素的加入量对产品性能的影响。

表1 L18(37)正交表的表头设计

Table 1 L18(37) Orthogonal table header design

水平	因 素						
	水 /g	PVA /g	淀粉 /g	丙三醇 /g	碳酸氢氨 /g	发泡温度 /°C	发泡时间 /s
1	20	1	3	1	1	60	70
2	30	1.5	4	2	2	80	80
3	40	2	5	3	3	100	90

实验工艺流程如图1所示,先将水、淀粉、填料(丙三醇、PVA)混合均匀,然后加入蔗渣混合均匀,最后加入发泡剂均匀混合,放入自制模具铸模成型,在微波炉中进行发泡,最后置于烘箱中干燥而成。

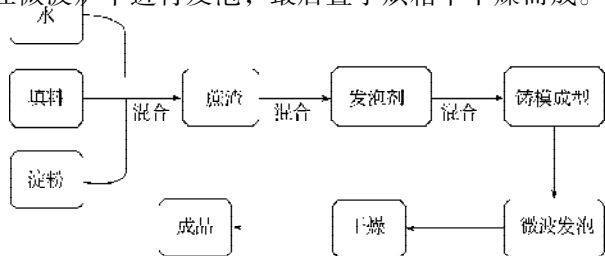


图1 实验工艺流程图

Fig. 1 The sequence of the experiment

2 实验结果与分析

2.1 正交实验结果分析

评价缓冲包装材料的指标较多,比如冲击能量的吸收性、振动能量的吸收性、回弹性、蠕变性、温度稳定性、湿度稳定性、耐破损性等,但对发泡缓冲包装材料来说,发泡体的密度和抗压强度是比较重要的指标^[9]。由于要同时考虑产品的多个指标,因此本文

中对正交实验结果采用综合评分法^[10]进行评分以得出最终的实验结果。本实验用抗压强度、缓冲性能、发泡程度进行评分,分别以耐压程度、回弹性、发泡孔径大小作为评分标准。抗压强度、缓冲性能、发泡程度各占总分的30%,外观占总分的10%。正交实验结果见表2,从表2可看出,影响因素的主一次依次为丙三醇→水→碳酸氢氨→发泡时间→发泡温度→PVA→淀粉。

表2 正交实验的实验结果

Table 2 The result of the orthogonal experiment

试验	因 素 水 平							综合得分
	水	PVA	淀粉	丙三醇	碳酸氢氨	发泡温度	发泡时间	
1	1	1	1	1	1	1	1	87
2	1	2	2	2	2	2	2	88
3	1	3	3	3	3	3	3	95
4	2	1	1	2	2	3	3	93
5	2	2	2	3	3	1	1	97
6	2	3	3	1	1	2	2	87
7	3	1	2	1	3	2	3	93
8	3	2	3	2	1	3	1	92
9	3	3	1	3	2	1	2	93
10	1	1	3	3	2	2	1	90
11	1	2	1	1	3	3	2	89
12	1	3	2	2	1	1	3	86
13	2	1	2	3	1	3	2	93
14	2	2	3	1	2	1	3	92
15	2	3	1	2	3	2	1	95
16	3	1	3	2	3	1	2	88
17	3	2	1	3	1	2	3	94
18	3	3	2	1	2	3	1	91
K_{1j}	535	544	551	539	539	543	552	
K_{2j}	557	552	548	542	547	547	538	
K_{3j}	551	547	544	562	557	553	553	
R_j	22	8	7	23	18	10	15	

注:表中 K_{1j} 为第 j 列上水平为1的各实验结果之和; K_{2j} 为第 j 列上水平为2的各实验结果之和; K_{3j} 为第 j 列上水平为3的各实验结果之和; R_j 为第 j 列的极差。

在考虑产品成本 and 产品质量的前提下,由正交实验结果确定本实验的最佳配方为:丙三醇3 g、水30 g、碳酸氢铵2 g、发泡时间90 s、发泡温度100 °C、PVA 1.5 g、淀粉4 g。对蔗渣的最优配比:蔗渣:水:PVA:淀粉:丙三醇:碳酸氢铵为1:7.5:0.375:1:0.75:0.5。

由正交实验结果可看出,丙三醇的添加量对产品的综合性能起着重要作用,这是因为,作为粘结剂的淀粉分子量大,分子间亲和力强,不但加工困难,而且所制成的材料脆性较大。丙三醇可作为增塑剂降低淀粉分子间的作用力,从而使材料具有较好的柔韧性和弹性,且易于加工成型^[11]。丙三醇作为增塑剂,其分子量小,分子易于运动,混合过程中更能有效地渗入淀粉的分子链间,通过羟基以氢键方式与淀粉结合,形成相对牢固的均匀体系,从而软化大分子,提

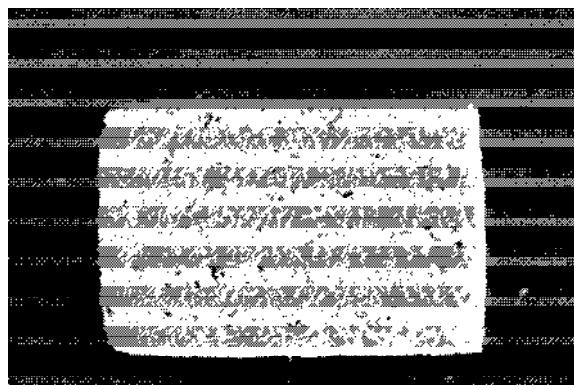
高柔韧性, 并且丙三醇常温下为液体, 流动性强, 物料混合时有利于各组分的均匀分散。

加入PVA的目的是因为PVA能与淀粉形成接枝淀粉。PVA分子结构中含有大量的仲羟基和少量的乙酰氧基, 利用PVA与淀粉分子“接枝”, 这样使得淀粉胶粘剂有更好的粘结性和流动性^[12], 能较好地 and 蔗渣胶粘, 提高产品的机械强度。

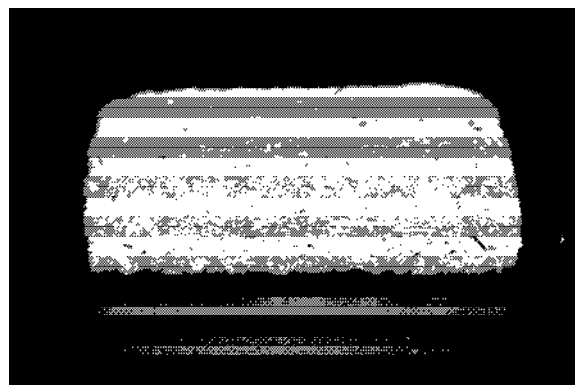
实验采用微波发泡, 相对于常见的烘箱发泡来说, 微波加热速度快并且是从内部加热, 加热均匀, 水很容易变成水蒸气, 发泡效果良好。而且碳酸氢铵在加热时容易分解成氨气、二氧化碳和水, 同样起到了良好的发泡效果。

2.2 产品静态压缩实验分析

根据正交实验得出的最佳配比制得的产品如图2所示, 经测定, 产品密度为 0.19 g/cm^3 。参照包装用缓冲材料静态压缩试验方法(GB/T 8168-2008), 在岛津万能材料力学试验机上可以得到产品的力-形变曲线, 由于同种材料在不同受力面积或不同厚度时的力-形变曲线不同, 为了方便缓冲设计, 通常将力-形变曲线转化为应力-应变曲线^[13], 本实验中最优配



a) 产品正面照片



b) 产品侧面照片

图2 最佳配比产品照片

Fig. 2 The picture of optimal product matching ratio

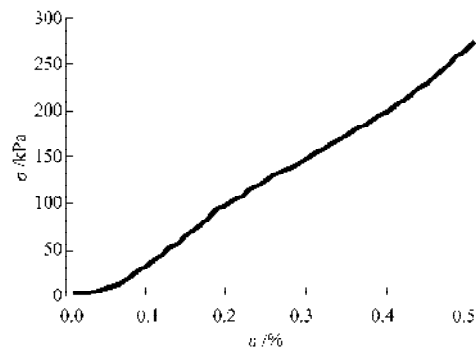


图3 最佳配比产品应力-应变曲线

Fig. 3 The optimal stress - strain curve of the product

比产品的应力-应变曲线如图3所示。

由图3可看出, 产品的应力-应变曲线接近直线, 可认为是线弹性材料, 在设定的压缩尺寸(压缩量为8 mm)内, 产品始终保持着良好的缓冲效果, 没有明显的溃散点。可见, 产品对能量有很好的吸收性能, 可以有效地减小传递到内装产品上的冲击。实验结束后, 产品体现出良好的回弹性。回弹性差的材料, 在经过几次冲击作用后, 结构尺寸变化较大, 这一方面导致材料的应力-应变曲线发生变化, 影响材料的缓冲性能; 另一方面, 材料的尺寸变小, 在外包装容器内部产生空隙, 容易发生二次冲击, 这2种情况都可增大产品破损的可能性。回弹性好的材料, 可以有效地避免出现这种情况。

3 结论

通过上述实验结果分析可得出如下结论:

1) 以蔗渣和淀粉为主要原料, 通过微波发泡制取可降解缓冲包装材料具有很大的发展潜力, 对保护环境具有重要意义;

2) 选用发泡温度为 100°C , 发泡时间为90 s, 当蔗渣:水:PVA:淀粉:丙三醇:碳酸氢铵为1:7.5:0.375:1:0.75:0.5时, 得到的产品性能最佳, 产品的应力-应变曲线接近直线, 可认为是线弹性材料, 其缓冲性能良好。

参考文献:

- [1] 杨嫣红, 王志伟. 缓冲包装材料及其性能研究进展[J]. 包装工程, 2002, 23(4): 96-105.
Yang Yanhong, Wang Zhiwei. Research Progress in Cushioning Materials and Their Properties[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 96-105.
- [2] 李杨瑞, 谭裕模, 李松, 等. 甘蔗作为生物能源作物的潜力分析[J]. 西南农业学报, 2006, 19(4): 742-745.
Li Yangrui, Tan Yumo, Li Song, et al. Analyses on the

- Potential of Sugarcane as a Bio-Energy Crop in China[J]. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2006, 19(4): 742-745.
- [3] 邹 君, 李庆春, 董显新. 蔗渣缓冲包装材料的研究及发展前景[J]. 广西轻工业, 2006(6): 35-56.
- Zou Jun, Li Qingchun, Dong Xianxin. Developing Foreground of Cushiony Packaging Material of Bagasse Fibres [J]. Guang Xi Journal of Light Industry, 2006(6): 35-56.
- [4] 戴宏民, 戴佩华. 发泡植物纤维制品关键工艺技术研讨[J]. 包装工程, 2004, 25(2): 9-11.
- Dai Hongmin, Dai Peihua. Study on the Key Technologies of Products of the Foaming Plant Fibre[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2): 9-11.
- [5] 吴其叶, 曹绍文, 鲍永成. 植物纤维发泡制品及成型技术[J]. 轻工机械, 2002(3): 22-25.
- Wu Qiye, Cao Shaowen, Bao Yongcheng. Plant Fiber Foaming Product and the Forming Technology[J]. Light Industry Machinery, 2002(3): 22-25.
- [6] 景晓辉, 杨静新. 植物纤维泡沫包装材料的研究[J]. 包装工程, 1999, 20(6): 12-14.
- Jing Xiaohui, Yang Jingxin. A Study of Foam Packing Material of Plant Fibres[J]. Packaging Engineering, 1999, 20(6): 12-14.
- [7] 吕艳娜, 张运展, 欧建志. 用废纸制取包装缓冲材料的研究[J]. 包装工程, 2004, 25(6): 78-82.
- Lv Yanna, Zhang Yunzhan, Ou Jianzhi. Study on Making Buffer Packaging Material by Wastepaper[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(6): 78-82.
- [8] 曹绍文, 吴其叶. 发泡型植物纤维缓冲包装材料[J]. 中国包装工业, 2002(9): 8-11.
- Cao Shaowen, Wu Qiye. The Buffer Packaging Material from Foaming Vegetable Fibre[J]. China Packaging Industry, 2002(9): 8-11.
- [9] 邹 君, 李庆春. 蔗渣纤维缓冲包装材料的研制[J]. 广西轻工业, 2008(6): 37-38.
- Zou Jun, Li Qingchun. Manufacture of Cushiony Packaging Material of Bagasse Fibres[J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2008(6): 37-38.
- [10] 庄楚强, 吴亚森. 应用数理统计基础 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002: 443-446.
- Zhuang Chuqiang, Wu Yaseen. The Basis of the Application of Mathematical Statistics[M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2002: 443-446.
- [11] Enders H J, Kammmersteter H, Hibelshenger H. Plastication Behaviour of Different Native Starches Starch-Starke[J]. Starch, 1994, 46(12): 474.
- [12] 张玉龙, 李长德, 张振英, 等. 淀粉胶黏剂[M]. 北京: 化学工业出版社, 1984: 12-13.
- Zhang Yulong, Li Changde, Zhang Zhenying, et al. Starch Adhesive[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1984: 12-13.
- [13] 彭国勋. 运输包装[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1999: 98-99.
- Peng Guoxun. Transport Packaging[M]. Beijing: Printing Industry Press, 1999: 98-99.
- [14] 简秀梅, 马瑞峻, 蒋恩臣. 蔗渣中密度纤维板的制备工艺参数与性能分析[J]. 华南农业大学学报, 2008, 29(4): 100-103.
- Jian Xiumei, Ma Ruijun, Jiang Enchen. Study on Manufacturing Technology and Performance of Bagasse Medium Density Fibreboard[J]. Journal of South China Agricultural University, 2008, 29(4): 100-103.
- [15] 傅华英, 高三基, 张 华, 等. 甘蔗蔗渣不同蒸煮时间对品质指标化验的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(4): 535-537.
- Fu Huaying, Gao Sanji, Zhang Hua, et al. Effects on Different Boiling Time on the Quality of Bagass Liquor[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2005, 27(4): 535-537.

(责任编辑: 廖友媛)