

药用植物剩余物发泡缓冲包装材料的制备及性能研究

潘小青¹, 王桂英^{1,2}, 曹 斌¹

(1. 东北林业大学, 哈尔滨 150040; 2. 东北林业大学 黑龙江省森林持续经营与微生物工程重点实验室, 哈尔滨 150040)

摘要:以药用植物剩余物纤维为主要原料,淀粉/PVA 胶黏剂为基体,添加一定量发泡剂及相关助剂,在密闭模具内热压成形了发泡缓冲包装材料。通过实验与分析,确定了制备材料的工艺与实验条件,研究了药用植物纤维粒度、发泡剂用量、发泡温度及淀粉/PVA 配比对材料性能的影响。

关键词:药用植物; 发泡; 缓冲包装材料; 最优配方

中图分类号: TB485.1; TB484.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)05-0037-04

Development and Performance Investigation of Foaming Cushion Material for Medical Plant Residues

PAN Xiao-qing¹, WANG Gui-ying^{1,2}, CAO Bin¹

(1. Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Forest Sustainable Management and Micro-bioengineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: A foam cushion packaging material was developed, in which the medical plant residues fiber was used as the main raw materials and starch/PVA adhesive as matrix, some foaming agent and related auxiliaries was added and hot pressing technology was used. The process and experimental condition to produce the material were determined after a lot of experiments and analysis. The effects of the medical plant residues fiber length, quantity of foaming agent, foaming temperature, and the ratio of starch and PVA on the properties of the cushion material were also investigated.

Key words: medical plant; foaming; cushion packaging material; optimal formula

到目前为止,如何恰当、合理地选择缓冲包装材料,是研究者亟待解决的问题。从一方面来说,以缓冲性能优越、价格低廉著称的 EPS 和 EPE 等泡沫塑料,存在着环境污染和贸易壁垒等诸多问题;从另一方面来说,由于纸质的环保包装材料与可降解泡沫塑料的性能缺陷和价格高昂的劣势,使其应用场合受到很大的局限性。新型的植物纤维类缓冲包装材料以其低廉的价格和环境友好性,很好地解决了上述问题,受到了大量研究者的关注^[1]。制药剩余物中含有大量的植物纤维,是开发植物纤维类缓冲包装材料最好的原料之一。

研究制药剩余物制作可降解缓冲包装材料,可使废弃的材料重新应用,变废为宝,缓解了资源短缺的

压力,同时此种材料可以缓解白色污染,是世界上研究的热点。笔者采用模压工艺,以药用植物剩余物结合淀粉/PVA 胶黏剂为主体,制备发泡缓冲包装材料,在前期探索试验的基础上,对原材料的配方及发泡工艺参数进行研究,并考察工艺配方中各重要因素对材料性能的影响。

1 实验

1.1 原材料和设备

原材料主要有:药用植物剩余物(随机取自药厂);马铃薯淀粉(天津顶峰淀粉开发有限公司);聚乙醇(陕西三维集团股份有限公司);AC 发泡剂、

收稿日期: 2012-12-26

基金项目: 林业公益性行业科研专项经费课题(20100400704)

作者简介: 潘小青(1987-),女,浙江人,东北林业大学硕士生,主攻缓冲包装材料。

通讯作者: 王桂英(1968-),女,吉林人,博士研究生,东北林业大学副教授,主要研究方向为机电一体化、包装工艺与设备。

氧化锌、滑石粉、丙三醇、硼砂等常用助剂(天津凯通化学试剂有限公司)。

设备主要有:电子天平(上海越平科学仪器有限公司);恒温水浴锅(山东威瑞科教仪器有限公司);JJ-1 型增力电动搅拌机(金坛市精达仪器制造厂);R-3211 型热压机(武汉启恩科技发展有限公司);YDN-15 型电脑测控压缩试验仪(长春市月明小型试验机有限责任公司);电子数显游标卡尺(桂林市广陆数字测控股份有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 原材料预处理

药用植物由微型植物粉碎机粉碎成 60 ~ 80 目的植物纤维,用 5% 的 NaOH 溶液浸泡处理 24 h 后清洗至中性,并用酚酞试剂检验呈无色后,放入烘箱,在 100 ℃ 烘干至含水率为 5% 左右,冷却备用;配制 40% 马铃薯淀粉溶液,在恒温水浴锅中 65 ℃ 进行预糊化处理,冷却备用;配制 10% 的 PVA 溶液,在 95 ℃ 左右恒温水浴锅中,用转速为 1000 r/min 左右的搅拌头搅拌,直至形成均一稳定的溶液后冷却备用;配制 5% 硼砂溶液,在恒温水浴锅中 63 ~ 65 ℃ 左右溶解,冷却备用。

1.2.2 工艺过程

第 1 步:按设计好的配方比例,加入预处理好的药用植物纤维、预糊化淀粉溶液、PVA 溶液、AC 发泡剂、各助剂(包括氧化锌、滑石粉、丙三醇等),在 60 ℃ 左右的恒温水浴锅里以 1000 r/min 的转速搅拌 5 min,直至混合均匀并在表面喷涂 5% 硼砂溶液后,放入 15 cm×15 cm×2 cm 的铁质模具中制成发泡坯体。

第 2 步:启动热压机,待其预加热至 100 ~ 105 ℃ 时,将发泡材料坯体放入热压机中预热 15 ~ 20 min。继续升温至 155 ~ 165 ℃,保温 15 ~ 20 min。关闭热压机,自然冷却至 100 ℃ 左右时进行脱模处理。

1.2.3 性能测试

将测试样品在温度为(23±2) ℃,相对湿度为(60±5)% 的环境下处理 24 h 后取出,测试材料的各项性能^[2]。测定试样的表观密度;选择 12 mm/min 的加载速度,在 YDN-15 型电脑测控压缩试验仪上对试样进行静态压缩试验。

2 结果讨论

从原料配方和工艺条件来看,经实验研究发现:

发泡剂用量、发泡温度范围、药用植物纤维添加量、淀粉/PVA 粘合剂配比等,对成品的发泡结果及缓冲制品的性能有直接影响^[3],都是不可忽略的重要因素。

2.1 发泡剂的种类选择及用量控制

2.1.1 发泡剂的种类选择

添加化学发泡剂对材料进行发泡仍是植物纤维材料制品的主要发泡工艺^[4]。常用的化学发泡剂主要有以下 2 种:一类是有机发泡剂,主要代表为偶氮类化合物(如偶氮二甲酰胺,简称 AC 发泡剂)及亚硝基系化合物(如常用的二亚硝基五亚甲基四胺,简称 DPT 或 DNPT)等;另一类是无机发泡剂,碳酸钠、碳酸氢铵和碳酸氢钠等则是其主要的代表^[5]。结合实验条件选用价格便宜且产气量大的偶氮二甲酰胺作为发泡剂。如果选用无机发泡剂(如 NaHCO₃, NH₄HCO₃ 等),发泡温度在 100 ℃ 以内,不利于材料水蒸气的释放,容易造成材料成品密度较大,大泡孔不稳定;NH₄HCO₃ 作为发泡剂,产气量过大,温度不容易控制。而用 AC 作为发泡剂,发泡温度在 140 ~ 220 ℃,有利于发泡剂在预定温度受热分解,产生的气体推动熔融物料充满整个模具,同时基体中的水蒸气开始挥发,大部分从模具边缘的缝隙中逸出。没有逸出的气体等则聚集于体系内的成核物质四周形成气泡,经冷却固化定型后得到由大量泡孔结构组成的缓冲材料体。

2.1.2 发泡剂的用量控制

发泡剂的用量多少直接决定了材料产气量的多少以及发泡质量;发泡剂的分散度决定了泡孔的大小及均匀程度,也影响了缓冲材料的密度与缓冲性能^[6]。发泡剂不同的添加量(质量分数,后同)对发泡效果、密度与缓冲性能的影响结果见表 1。

表 1 发泡剂用量对材料密度和压缩强度的影响

Tab. 1 Influence of foaming agent dosage on the material density and compressive strength

发泡剂添加量	密度	压缩强度	发泡效果
/%	/(g·cm ⁻³)	/MPa	
3	0.3743	0.0809	少量气泡
5	0.2407	0.0644	适量均匀
7	0.1924	0.0626	泡孔较大
10	0.1715	0.0578	分层并泡

由表 1 可知,材料的缓冲性能直接与发泡剂产生的气体量相关,发泡剂使用的较少时,产生的气体量

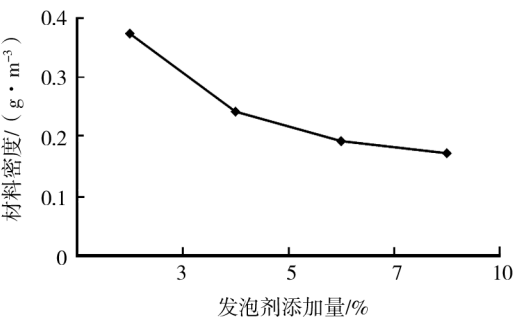


图1 发泡剂添加量对材料密度的影响
Fig.1 Influence of the foaming agent dosage on properties of material

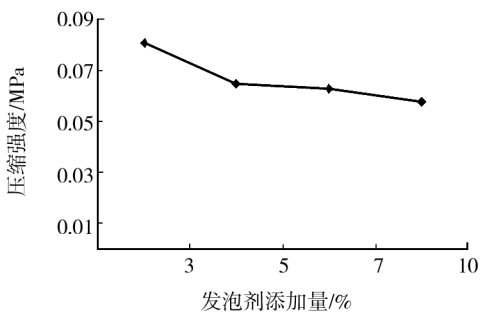


图2 发泡剂用量对材料压缩强度的影响
Fig.2 Influence of the foaming agent dosage on compression strength of material

过少,致使材料的缓冲性能非常差,但发泡剂用量过大时,产生的大量气体又会致使材料中间形成大气泡,使材料产生并泡分层现象,从而影响发泡的效果,只有发泡剂用量产生恰当的气体量,缓冲材料的性能才能达到最好。经过实验合适的发泡剂用量为7%左右,发泡剂用量再减少,植物纤维材料的抗拉强度则会随着植物纤维材料的硬度增加而加大。

2.2 最佳发泡温度范围的确定

各发泡温度范围对发泡结果的影响见表2。

表2 各发泡温度范围下的发泡结果

Tab.2 The foaming conditions and results of each foaming temperature range	
温度/℃	发泡效果
120	少量气泡
150 ~ 160	产气较多且气泡均匀稳定
180	并泡有严重分层

由表2可以看出,发泡温度应控制在150~160℃。研究结果表明,当温度到达合适的温度之后,发

泡剂分解产生气体,使材料内部形成均匀稳定的泡孔;当温度再升高时,发泡剂产生的气体与水蒸气的量过大,导致内部分层,表面焦糊。

2.3 药用植物纤维用量

药用植物纤维在缓冲包装材料体系中起支撑基体和增强结构的作用,可以提高缓冲材料的抗压强度;可是纤维添加量超过某一范围的话,容易造成微观上纤维与粘合剂不能充分交联,从而导致宏观上未均匀发泡或者发泡成品材料的表面粗糙不平整^[7]。不同药用植物纤维的添加量(质量分数,后同)对缓冲制品性能的影响见图3和4。

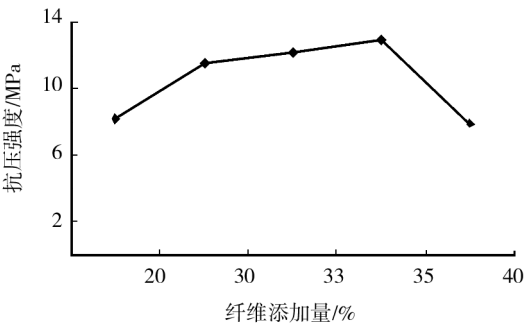


图3 药用植物纤维用量对材料抗压强度的影响
Fig.3 Influence of medical plant fiber addition amount on compression strength of the material

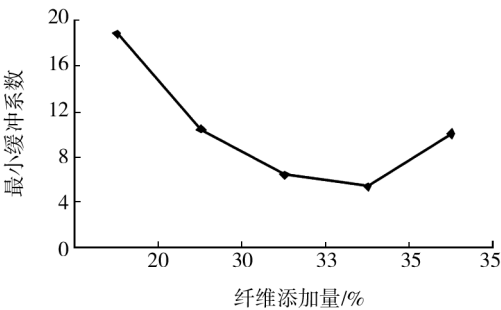


图4 药用植物纤维添加量对材料最小缓冲系数的影响
Fig.4 Influence of medical plant fiber addition amount on minimum buffer coefficient of the material

实验结果表明,当纤维添加量为20%时,材料的抗压强度并不高,且缓冲性能也不好;随着纤维添加量的不断提高,材料的抗压强度不断上升,且缓冲性能在纤维添加量为35%时达到最佳;当纤维添加量达到40%之后,材料的抗压强度降低,且缓冲性能也降低了。这是因为,当纤维含量过高时,材料内部纤维与纤维之间的交联不充分,从而影响了发泡的效果,导致内部发泡不均匀,表面或塌陷或未发泡,直接

影响了材料的性能。因此,纤维的添加量应该控制在35%左右。

2.4 淀粉/PVA 粘合剂比例

淀粉/PVA 是构成材料体系的主要基体材料,对制品表面质量有着重要影响。淀粉/PVA 比例是影响发泡效果和回弹性的关键因素,不同淀粉/PVA 比例下得到的制品相关性能见表 3。

表 3 不同淀粉/PVA 比例对材料性能的影响
Tab.3 Influence of different starch/PVA ratio content on properties of material

淀粉/PVA 比例	回弹率/%	发泡情况
4 : 3	70.22	表面凹凸不平,内部发泡不均
3 : 2	67.91	部分塌陷,发泡较好
2 : 1	60.04	表面平整,内部发泡均匀
3 : 1	59.76	严重分层

由表 3 可以看出,淀粉/PVA 的比例太低,基体中水分较少,黏度大,物料流动性差,成形后表面粗糙,尺寸不够规整。随着比例进一步升高,材料中水分逐渐增多,物料黏度逐渐降低,物料流动性增强,更有利于发泡及泡孔的均匀稳定。当淀粉/PVA 比例为 2 : 1 时,物料的黏度及流动性达到一个适当值,此时材料内部气泡形成连续的腔室,发泡材料表面平整光滑。当淀粉/PVA 的比例高于这个值时,材料内部水分过多,导致在发泡中途水蒸气大量挥发,容易发生溢料及严重分层的现象,直接导致发泡不成功。同时,实验结果也表明,随着淀粉/PVA 比例的上升,材料的回弹性呈下降趋势。这是因为淀粉/PVA 比例的上升使发泡效果逐渐增强,材料的韧性和黏性增强了,使压缩后泡孔粘连,导致不容易回弹。

3 结语

- 1) 以药用植物纤维为原料,经过粉碎、表面处理、混合、模压等工艺过程,研制出了具有良好缓冲性能的发泡材料。
- 2) 实验条件下该材料的最优配方及工艺条件为:纤维添加量为 35%,AC 发泡剂用量为 7%,淀粉/PVA 最优比例为 2 : 1,发泡温度为 150 ~ 160 ℃。
- 3) 该材料的研制既满足了日益增长的包装材料的需求,又能对废弃的药用植物纤维进行二次利用,缓解了资源短缺的困境,也保护了环境,具有很广阔

的市场前景。

参考文献:

[1] 刘壮,朱琳,高德,等. 玉米秸秆纤维发泡聚苯乙烯缓冲包装材料及其性能的研究[J]. 包装工程,2006,27(6): 27-30.
LIU Zhuang,ZHU Lin,GAO De,et al. Studies on Cushioning Package Material Made of Corn Straw and EPS and Its Properties[J]. Packaging Engineering,2006,27(6): 27-30.

[2] 王海蓉. 影响弹性建筑涂料拉伸性能指标因素的研究[J]. 广东建材,2010,22(4):35-38.
WANG Hai-rong. Studies on the Impact Flexible Architectural Coatings Tensile Performance Indicators Factors[J]. Guangdong Building Materials,2010,22(4):35-38.

[3] 王沛,刘炼,魏志勇. 玉米秸秆缓冲包装材料的研制及性能测试[J]. 包装工程,2009,30(2):16-18.
WANG Pei,LIU Lian,WEI Zhi-yong. Preparation and Performance Test of Corn Straw Cushion Packaging Materials[J]. Packaging Engineering,2009,30(2):16-18.

[4] 李媛媛. 植物纤维缓冲制品的改性及发泡技术探讨[J]. 重庆工商大学学报,2008,30(3):13-17.
LI Yuan-yuan. Modification Ofvegetable Fiber Cushion Products And Foaming Techniques [J]. Journal of Chongqing Technology and Business University,2008,30(3):13-17.

[5] 骆光林. 纸浆发泡缓冲材料研究[J]. 包装工程,2007,28(5):46-48.
LUO Guang-lin. Study on Pulp Foaming Buffer Material [J]. Packaging Engineering,2007,28(5):46-48.

[6] 张凤琴,李小龙. 稻草纤维制备缓冲材料的影响因素研究[J]. 包装工程,2010,31(3):14-16.
ZHANG Feng-qin,LI Xiao-long. Study of Influencing Factors of Cushioning Material Preparation from Rice Straw Fiber[J]. Packaging Engineering,2010,31(3):14-16.

[7] 刘壮. 玉米秸秆纤维复合缓冲包装材料的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报,2006,22(4):91-93.
LIU Zhuang. Study on Composite Cushioning Packing Material of Corn Stalk Flax[J]. Journal of Harbin University of Commerce,2008,37(6):37-38.

[8] 邹君. 蔗渣纤维缓冲包装材料的研制[J]. 广西轻工业,2008,37(6):37-38.
ZOU Jun. Development of Bagasse Fiber Cushioning Packaging Materials[J]. Guangxi Journal of Light Industry,2008,37(6):37-38.