

环保生物质包装材料的制备及性能研究

梅志凌, 孙昊, 张新昌

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: **目的** 研究一种环保生物质包装材料的热压成形制备工艺, 并对其性能进行评价。 **方法** 将凤眼莲作为生物质原材料, 通过磨浆并经水浴处理之后, 添加助剂配方并经热压成形制备了环保生物质包装材料。将助剂配方、热压温度、热压压力作为影响因素, 进行正交试验, 选取尺寸稳定性、力学性能、防水性能作为指标, 对其性能进行检测和综合评价。 **结果** 加入海藻酸钠(0.8%), CMC-Na(0.4%), 琼脂(0.8%)作为胶黏剂, 尿素(2%)作为增塑剂, 乳化石蜡(1%)作为防水剂, 在热压温度为 150 ℃, 压力为 10 MPa 条件下制得的生物质包装材料具有较好的综合性能。 **结论** 通过加入环保助剂配方, 采用热压工艺可以制备出性能良好的生物质包装材料。

关键词: 环保; 生物质; 包装材料; 性能评价

中图分类号: TB484.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)09-0056-05

Preparation and Performance Evaluation of Environmental Biomass Packaging Material

MEI Zhi-ling, SUN Hao, ZHANG Xing-chang

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: **Objective** To study the hot-press preparation process of environmental packaging material and evaluate the performance of the material. **Methods** Water hyacinth was used as the raw biomass material in this study. The fibers were cracked, processed by hot water, supplemented with additives, and the environmental packaging material was finally prepared by hot-press. Using the formulation of additives, the temperature and the pressure of hot-press as influencing factors, orthogonal experiments were conducted. After the preparation, the dimensional stability, mechanical performance and water resistance were selected as indicators to test and evaluate the performance of the material. **Results** The results showed that using 0.8% sodium alginate as adhesive, 2% urea as plasticizer, 1% emulsion paraffin as water proof agent, the biomass packaging material prepared at 130 ℃ and under 10 MPa pressure had good comprehensive performance. **Conclusion** Biomass packaging material with good performance was prepared using hot-press technology in combination with the addition of environment-friendly additives.

KEY WORDS: environment-friendly; biomass; packaging material; performance evaluation

随着煤炭和石油等化石资源的日益枯竭和环境压力越来越大, 开发利用可再生的绿色资源已得到各界的共识, 并成为今后科学技术发展的必然趋势。生物质是由植物、动物和微生物利用大气、水、土地等,

通过光合作用而产生的可再生的有机物物质, 可以分为植物生物质、动物生物质和微生物生物质^[1]。目前, 国际上生物质资源的利用途径主要有 3 条, 即生物质材料、生物质能源和纸浆, 其中生物质材料是一

收稿日期: 2014-02-10

基金项目: 梅志凌(1989—), 男, 湖北黄冈人, 江南大学硕士生, 主攻包装材料与结构。

通讯作者: 张新昌(1961—), 男, 河南人, 江南大学教授、硕士生导师, 主要研究方向为产品包装整体解决方案、包装材料与结构。

条重要途径^[2]。生物质材料是以生物质资源为原材料,通过物理、化学和生物学手段,加工制造出性能优异、环境友好、用途广泛、可再生并能替代石化矿产资源的新型材料。生物质作为一类绿色可再生资源,具有可降解、可再生、无污染等优点,符合当前包装行业走低碳经济、绿色包装之路的发展理念,因此,进行生物质作为环保型包装材料的研究是一个重要方向。

目前,关于生物质包装材料的研究主要集中在木材、秸秆、竹子等陆生植物,而关于利用水生植物制备环保生物质包装材料的研究较少。凤眼莲是一种江南常见的水生植物,它的过度繁殖会造成水体富营养化,形成污染^[3]。Johnly 等人对凤眼莲进行了植物化学分析,结果表明凤眼莲中含有丰富的酚类、黄酮类以及单宁类物质^[4]。Ivan 等人研究了利用潘塔纳尔湿地上的凤眼莲来生产生物质燃料,认为这种利用方式可以缓解区域或全球的工业碳排放的影响,并引导社会经济的发展^[5]。文中利用凤眼莲作为原材料,通过预处理、添加环保助剂配方、热压成型、干燥、裁切等一系列工艺,成功制备了生物质复合包装材料。该研究成果不仅拓宽了生物质包装材料的来源,同时为凤眼莲等水生植物污染的防治提供了一种新的途径。

1 实验

1.1 材料

文中采用的凤眼莲原材料来自于无锡市区某河道。为了通过热压成型获得性能良好的试样,需要对凤眼莲原材料进行预处理。首先将凤眼莲原材料剪切至 3 cm 左右,然后将 TD7-PFI 型立式磨浆机打浆间隙调整为 0.4 mm,打浆时间设定为 8 min,进行打浆处理,使纤维充分破碎。破碎完成之后,采用水浴处理方式对纤维进行预处理。水浴处理可以对纤维起到润胀的作用,有利于纤维的交织,从而提高所制得生物质包装材料的力学性能。相关研究表明,水浴温度选择为 90 ℃ 较为适宜^[6]。通过对处理 10,30,50 min 的纤维进行电镜观察,可以发现在处理 30 min 时,纤维变软,表面有起毛现象,更有利于生物质包装材料的制备。

试验采用的助剂主要有胶黏剂、增塑剂、防水剂,以及起辅助作用的 CMC-Na 和琼脂。

胶黏剂是一种粘合同种或不同种材料的介质,保

证结合面有足够的强度,起固定、粘接、补漏密封的作用^[7-8]。骨胶是一种良好的胶黏剂,其主要特点是强度高、溃散性好、无毒、无污染、成本低^[9-10]。使用时需将骨胶和水按 1 : 1 的体积比混合后,在 75 ℃ 水浴条件不断搅拌,直至使其达到溶解后的胶液状态。研究表明,骨胶的质量分数为 5% 时能起到较好的胶黏作用^[11]。海藻酸钠是另一种环保型胶黏剂,当其质量分数为 0.8% 且与羧甲基纤维素钠 (CMC-Na) (0.4%) 和琼脂 (0.8%) 配合使用时,可以起到更好的胶黏作用^[12]。

增塑剂可以使纤维的塑性增强,有利于进一步的热压成型。尿素和甘油是 2 种常用的增塑剂,为了研究这 2 种增塑剂的效果,配方中都使用 2% 的水平^[13-14]。

乳化石蜡是一种优良的防水剂,在中密度纤维板的制造中广泛使用。乳化石蜡含量的增加可以提高防水性能,当其质量分数超过 1% 时,防水性没有明显变化,反而会使内结合强度下降,故乳化石蜡的质量分数定为 1%^[7]。

综合上述,该试验使用的 3 种配方见表 1。

表 1 助剂配方
Tab.1 Formulation of additives

	胶黏剂	增塑剂	防水剂
配方 1	骨胶(5%)	尿素(2%)	乳化石蜡(1%)
配方 2	骨胶(5%)	甘油(2%)	乳化石蜡(1%)
配方 3	海藻酸钠(0.8%),CMC-Na(0.4%),琼脂(0.8%)	尿素(2%)	乳化石蜡(1%)

1.2 试验设计

为了研究组分配方、热压温度、热压压力对制得生物质包装材料试样性能的综合影响,设计了三因素三水平正交试验。其中 3 种配方的水平已经确定。选取热压温度为 130,150 和 180 ℃;热压压力为 3,5 和 10 MPa^[15-17] (见表 2)。

表 2 正交试验因素水平

Tab.2 Levels and factors of the orthogonal experiment

	配方	热压温度/℃	热压压力/MPa
水平 1	配方 1	130	3
水平 2	配方 2	150	5
水平 3	配方 3	180	10

1.3 试样制备

将处理好的纤维,按照正交试验安排添加相应的

配方后,置于吸浆模具中进行吸浆。再换上成形模具,调整 XLB-0.5MN 平板硫化机的压力和温度至要求的水平,热压成型,制得样品。加工工艺流程见图 1。

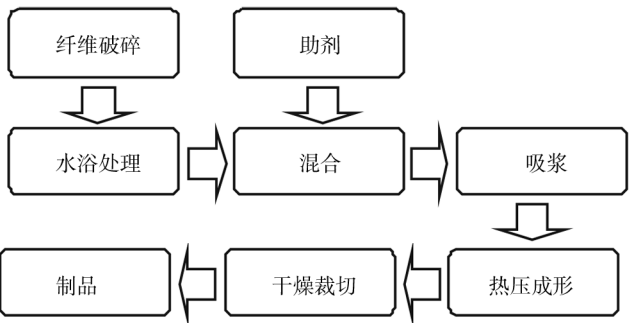


图1 生物质包装材料加工工艺流程
Fig.1 Flowchart of biomass packaging material preparation

1.4 性能测试与方法

主要测定尺寸稳定性、力学性能、防水性能等 3 个性能,参照 GB/T 17657—1999 裁取试样。

尺寸稳定性测试:按照 GB/T 11718,将试样裁至长宽分别为(300±1),(50±1) mm,置于恒温恒湿箱中进行调湿处理,用千分尺测量厚度变化率,并通过计算厚度平均变化率表征尺寸稳定性。厚度变化率计算公式为:

$$R=\frac{t_1-t_0}{t_0}\times 100\%$$
(1)

式中: t_1 为材料经处理质量稳定后的厚度; t_0 初始厚度。

力学性能测试:按照 GB/T 12914,将试样裁至长宽分别为 100,15 mm,按 GB/T 10739 进行温湿处理,在 LLOYD 公司的 LR×PLUS-5kN 万能材料试验机上,设置拉伸速度为 10 mm/min,得到拉伸应力应变曲线,并以最大负载点的应力作为力学性能表征。最大拉伸应力计算公式为:

$$\sigma=\frac{W}{bh}$$
(2)

式中: W 为断裂点处的载荷; b 为材料宽度; h 为材料厚度。

防水性能测试:将试样裁切至 20 mm×20 mm,用注射器分别在各个试样的 3 个不同位置滴下 5 μL 的水滴,1 min 后开始在 XS-213 光学显微镜上观察接触角,直至稳定后根据水滴的图像利用式(3)求出其接触角作为防水性能表征。

$$\theta=\arcsin\left(\frac{2hr}{h^2+r^2}\right)$$
(3)

式中: θ 为接触角; r 为球形液滴底面圆的半径; h 为液滴的高度。

根据 3 个指标对性能影响的重要程度,运用赋权法分别给厚度变化率、最大破坏应力和接触角赋权为 0.2,0.5,0.3,并且按照百分制对所制得材料性能进行综合评分。计算公式为:

$$P=\frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t_x}\times 20+\frac{\delta_x}{\delta_{\max}}\times 50+\frac{\theta_x}{90}\times 30$$
(4)

2 分析与讨论

通过测试和计算,不同条件下制备的生物质包装材料试样的厚度变化率、最大破坏应力和接触角的结果见表 3。

表 3 正交试验结果
Tab.3 Results of orthogonal experiment

编 号	因素水平			试验结果			
	配 方	热压 温度	热压 压力	厚度变 化率/%	最大破坏 应力/MPa	接触角 /(°)	综合 评分
1	1	1	1	2.08	3.75	59.71	56.06
2	1	2	2	1.95	8.16	43.26	72.19
3	1	3	3	2.17	6.14	52.40	63.91
4	2	1	2	2.29	7.10	14.76	54.80
5	2	2	3	5.20	8.54	61.94	67.69
6	2	3	1	2.70	3.57	80.13	57.69
7	3	1	3	2.70	10.80	34.78	76.05
8	3	2	1	2.22	8.33	34.07	67.52
9	3	3	2	3.66	7.80	10.64	50.31

2.1 尺寸稳定性分析

对表 3 中的数据进行极差分析,发现各因素对尺寸稳定性的影响大小为:配方>热压压力>热压温度。当采用配方 1,热压温度为 130 ℃,热压压力为 3 MPa 时,材料试样的尺寸稳定性最好。

2.2 力学性能分析

对 4 种配方下制备的环保生物质包装材料进行拉伸性能试验,根据数据转换成拉伸应力-应变曲线,结果见图 2—4。

由图 2 可以看出,在使用配方 1 的情况下,当热压温度为 150 ℃,热压压力为 5 MPa 时,制得的材料最大破坏应力为 8 MPa 左右,断裂伸长率为 1.4% 左右。

由图 3 可以看出,在使用配方 2 的情况下,当热

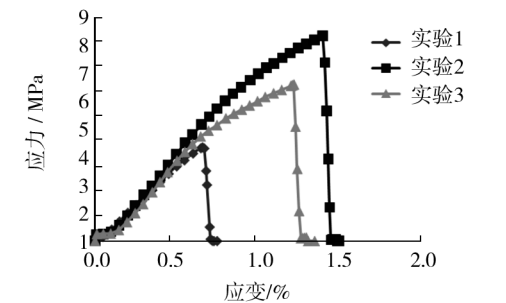


图2 配方1制得材料试样的应力-应变曲线

Fig.2 Stress-strain curve of material prepared using formula 1

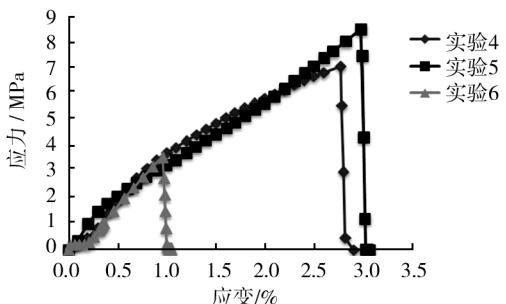


图3 配方2制得材料试样的应力-应变曲线

Fig.3 Stress-strain curve of material prepared using formula 2

压温度为 150 ℃,热压压力为 10 MPa 时,制得的材料最大破坏应力为 8.5 MPa 左右,断裂伸长率 2.9%。

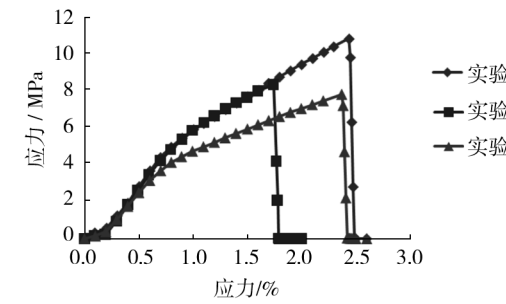


图4 配方3制得材料试样的应力-应变曲线

Fig.4 Stress-strain curve of material prepared using formula 3

由图4可以看出,在使用配方3的情况下,当热压温度为 130 ℃,热压压力为 10 MPa 时,制得的材料试样最大破坏应力为 11 MPa 左右,断裂伸长率 2.4%。

根据试验结果绘制出各试验条件下材料最大破坏应力见图5。从图5中可以看出,采用配方3,热压温度为 130 ℃,热压压力为 10 MPa 时(实验7),制备的生物质包装材料具有最大拉伸破坏应力,为 10.80 MPa。且使用配方3制得的材料平均破坏应力普遍高于其他2种配方,说明海藻酸钠作为胶黏剂效果比骨胶好。配方2制得的材料试样平均破坏应力高于

配方1,说明尿素的增塑作用优于甘油,能使材料获得更好的力学性能。

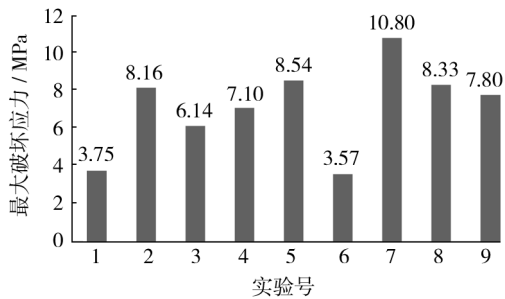


图5 各实验条件下材料最大破坏应力

Fig.5 Maximum breaking stress of the material under different test conditions

2.3 防水性能分析

对表3中的数据进行极差分析,可以确定各因素对防水性能的影响大小为:热压压力>配方>热压温度。在采用配方2,热压温度为 180 ℃,热压压力为 3 MPa 时,材料试样具有最好的防水性能。

2.4 综合评价分析

对表3中的数据进行极差分析,发现各因素对试样综合性能的影响大小为:热压温度>热压压力>配方。各因素条件可能好的组合为采用配方3,热压温度为 150 ℃,热压压力为 10 MPa。此试验条件不包括在正交试验中,所以需要补做试验进行验证。通过试验测得该条件下厚度变化率为 2.12%,最大拉伸破坏应力为 9.37 MPa,防水接触角为 56.80°,综合评分为 80.67,高于正交试验中的各种水平组合,从而验证了结果的可靠性。同时,9种实验条件下制得的生物质包装材料厚度变化率平均水平为 3%,平均最大拉伸破坏应力为 7.13 MPa,性能良好。测得的接触角平均水平为 43.52°,说明材料防水性能有待进一步改善。

3 结语

以凤眼莲为生物质原材料,基于热压成形加工工艺,通过添加安全环保的助剂配方,制备了环保型的生物质包装材料,并对材料综合性能进行测试和评价。结果表明:加入海藻酸钠(0.8%),CMC-Na(0.4%),琼脂作为胶黏剂(0.8%),尿素(2%)作为增塑剂,乳化石蜡(1%)作为防水剂,在热压温度为

150 ℃,压力为 10 MPa 条件下制得的生物质包装材料试样具有较好的综合性能。研究中也发现材料试样的防水性能不尽理想,需要进一步的研究以改善其防水性能。

参考文献:

- [1] 鲍甫成. 发展生物质材料与生物质材料科学[J]. 林产工业, 2008, 35(4): 3—6.
BAO Fu-chen. Developing Forestry Biomass Materials and Forestry Biomass Materials Science[J]. China Forest Products Industry, 2008, 35(4): 3—6.
- [2] 张俐娜, 陈国强, 蔡杰, 等. 基于生物质的环境友好材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
ZHANG Li-na, CHEN Guo-qiang, CAI Jie, et al. Environmental Materials Based on Biomass[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [3] 孙昊, 梅志凌, 张新昌. 利用凤眼莲制作生物质复合包装材料的研究[J]. 包装工程, 2013, 34(9): 24—27.
SUN Hao, MEI Zhi-ling, ZHANG Xing-chang. Study on Utilization of Eichhornia Crassipes for Producing Biomass Composite Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(9): 24—27.
- [4] RORONG J A, SUDIARSO, PRASETYA B, et al. Phytochemical Analysis of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) of Agricultural Waste As Bio-sensitizer for Ferry Photoreduction[J]. Agrivita: Journal of Agricultural Science, 2012, 34(2): 152—160.
- [5] BERGIER I, SUZANA M S, et al. Bio-fuel Production from Water Hyacinth in the Pantanal Wetland[J]. Ecohydrology Hydrobiology, 2012, 12(1): 77—84.
- [6] 任丽敏, 王逢瑚, 张利. 包装用薄型稻草刨花板的制备工艺研究[J]. 包装工程, 2013, 34(11): 10—15.
REN Li-min, WANG Feng-hu, ZHANG Li. Preparation Technology of Thin Rice-straw Particleboard for Packaging[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 10—15.
- [7] 连海兰. 秸秆预处理及用改性脲醛胶制造纤维板的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
LIAN Hai-lan. Research on Manufacturing of MDF From Rice and Wheat Straws With Modified UF Resin and Pretreated Straw[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2006.
- [8] NETO J A B P, CAMPILHO R D S G, DA SILVA L F M. Parametric Study of Adhesive Joints with Composites[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2012, 37: 96—101.
- [9] 李媛媛, 戴宏民. 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(自然科学版), 2008, 25(3): 282—285.
- LI Yuan-yuan, DAI Hong-min. Modification of Vegetable Fiber Cushion Products and Foaming Techniques[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2008, 25(3): 282—285.
- [10] KONNERTH J, HAHN G, GINDL W. Feasibility of Particle Board Production Using Bone Glue[J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2009, 67(2): 243—245.
- [11] 李仲谨, 宋凉, 蔡京荣, 等. 一种环保骨胶黏合剂的合成及性能研究[J]. 包装工程, 2007, 28(10): 110—112.
LI Zhong-jin, SONG Liang, CAI Jing-rong, et al. Study of Synthesis and Performance of Environmental Friendly Bone Glue Adhesive[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10): 110—112.
- [12] 李婧, 杨富民, 王媛. 白菜、芹菜蔬菜纸胶黏剂配方优化[J]. 食品工业科技, 2010, 31(4): 198—200.
LI Jing, YANG Fu-min, WANG Yuan. Study on the Optimum Tackiness Agent Formula of Chinese Baggage Paper and Celery Paper[J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(4): 198—200.
- [13] 孟令, 曹龙奎. 高速混合条件下不同增塑剂对热塑性淀粉结构及性能的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(1): 112—114.
MEN Ling, CAO Long-kui. Effect of Plasticizers on the Structure and Properties of TPS under the Condition of High-speed Mixing[J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(1): 112—114.
- [14] 王燕辉, 康勇刚, 王平. 热塑性淀粉片材的制备及性能研究[J]. 包装工程, 2010, 31(3): 10—13.
WANG Yan-hui, KANG Yong-gang, WANG Ping. Preparation of Thermoplastic Starch Sheet and Study of Its Property[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 10—13.
- [15] 赵亚军. 纸浆模塑制品工艺方法及其参数的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
ZHAO Ya-jun. The Development of Technical Method and Parameter of Pulp Molded Products[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2007.
- [16] 孙晓, 吴昭昀, 陈俊成, 等. 废旧利乐包/木屑复合板热压优化工艺研究[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 5—11.
SUN Xiao, WU Zhao-jun, CHEN Jun-cheng, et al. Study on Optimum Hot-pressing Process of Waste Tetra Pack/Wood Composite Board[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 5—11.
- [17] MOSTAFA R, HAMIDREZA B, HOSSEIN A. An Experimental Investigation on the Fabrication of W-Cu Composite through Hot-press[J]. International Journal of Industrial Chemistry, 2012, 3(1): 10—15.