

基于菌丝体的缓冲包装材料制备及性能研究

吴 豪^a, 赵 鹏^a, 章 琦^a, 冯 硕^a, 张治国^b, 孙耀宇^a

(1. 浙江科技学院 a. 轻工学院; b. 机械与汽车工程学院, 杭州 310023)

摘 要: 为解决不可降解的废弃塑料类包装材料对环境造成的污染,以棉籽壳、稻壳、麸皮为主要原料,制备了一种基于菌丝体的新型缓冲包装材料——“蘑菇包装”。为了满足不同的需求,将棉籽壳、稻壳、麸皮和水以不同比例混合制作培养基,然后接种不同的菌种,使之生长出不同性能的缓冲包装材料。结果表明:金针菇、鸡腿菇、平菇 2005 生长速度快于其他菌种,棉籽壳含量越高的培养基中菌丝体的生长情况越好。通过静态压缩试验发现,平菇 2005 相比较其他菌种,应力变化较小,而且有不错的回弹性能。综合来看,平菇 2005 与以纯棉籽作为材料制作的缓冲包装材料性能最好。对比平菇 2005-A 与 EPS 材料的缓冲性能表明,平菇 2005 缓冲包装材料完全可以替代发泡聚苯乙烯包装材料。

关键词: 缓冲材料;包装材料;可持续包装;菌丝体;蘑菇包装

中图分类号: TB484.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2015)01-0022-06

Preparation and properties of cushion packaging material based on mycelium

WU Hao^a, ZHAO Peng^a, ZHANG Qi^a, FENG Shuo^a, ZHANG Zhiguo^b, SUN Yaoyu^a

(a. School of Light Industry; b. School of Mechanical and Automotive Engineering,
Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: We produce a new cushion packaging materials based on mycelium called mushroom packaging, which is made by cottonseed hulls, rice husk and bran to solve the problem of environmental pollution caused by the non-biodegradable waste plastics packaging materials. In order to meet different needs, we use cottonseed hulls, rice husk, bran and water mixed in different proportions to produce medium and then inoculate them with different strains, so that we can get the cushion packaging material with different performance. Results show that the needle mushroom, chicken leg mushroom and oyster mushroom 2005 grow faster than other

收稿日期: 2014-12-13

基金项目: 浙江省重大科技专项计划项目(2013C03017-4)

作者简介: 吴 豪(1994—),男,浙江省台州人,2012 级包装工程专业本科生。

通信作者: 张治国,副教授,博士,主要从事新材料、新能源的研究。

species, the higher content of seed coats of medium brings, the better mycelial grows. Through the static compression experiment found that oyster mushroom 2005 compared with other strains, stress change is small, and can have good resilience. The cushion packaging material made by oyster mushroom 2005 and pure cotton seed have the best performance. Contrast between mushroom 2005-A and the cushioning property of EPS material show that the buffer packaging materials can completely replace the expanded polystyrene packaging materials.

Key words: cushioning package; packaging materials; sustainable packaging; mycelium; mushroom packaging

近几年来,包装工业发展带来的环境问题给人类社会造成了巨大的影响,引起了人们的广泛关注。面对生态环境失衡这一现象,人们开始了解资源再利用的重要性,于是提出了绿色的可持续包装理念^[1]。可降解包装是绿色可持续包装的一种,在国内外得到快速的发展,如瑞士的 Balland 公司研制开发了具有水溶性的丙烯酸聚合物,可以达到降解的目的^[2]; UNION CARBIDE 公司生产的聚己内酯(PCL),是一种可降解的绿色包装材料^[3]。美国 Warner-Lambert 公司生产了一种以淀粉为主要原料的生物降解材料 Novon^[4]。中国的生物降解塑料技术发展迅速,如北京的一家塑料研究所采用聚乙烯为基础原料,添加特制的浓缩母料,采用挤出吹塑工艺制得能够阻隔紫外线的遮阳薄膜。

国内外对生物降解材料的研究多集中在材料共混、共聚和薄膜的应用上,对缓冲材料的研究报道较少。缓冲包装材料属于短期使用的一次性包装物,目前国内外常用的缓冲包装材料是聚苯乙烯泡沫(EPS),但是 EPS 无法自然分解,在焚烧过程中还会产生大量有毒有害气体^[5]。所以,寻找一种新型的绿色缓冲包装材料是缓冲包装材料发展的必然趋势。本研究以棉籽壳、稻壳、麸皮为主要原料,制备一种新型的基于菌丝体的缓冲包装材料;通过探讨不同菌种与不同培养料混合、生长、成形,通过测试,制订最佳混合比例,合成最优性能的新材料。这种材料具有缓冲作用,而且蘑菇菌丝体制成的材料只需 6~9 个月就可以分解,还可以用来做肥料^[6]。

1 实 验

菌丝体生长阶段对生活条件有较严格的要求,表现最明显的就是对于营养条件中的碳氮比(培养料中碳素和氮素之比,一般以培养料中碳源与氮源含量的比来表示)要求不同。对一般菌类来说,菌丝体生长阶段所要求的碳氮比为 20:1。据有关资料显示,棉籽壳成分中含 37%~39%的纤维素、29%~32%的木质素、22%~25%的无氮浸出物、7.3%的粗蛋白^[7]。

1.1 实验器材

安全型智能高温反压蒸煮锅,接种棒,塑料模具,温湿度计,酒精灯,粉碎机。

1.2 实验材料

菌种:金针菇、鸡腿菇、平菇 2005、春载一号、夏灰一号、早熟 5-1、早秋 615。培养料:棉籽壳、稻壳、麸皮、石灰。

1.3 实验方法与过程

1.3.1 塑料袋规格

采用聚丙烯薄膜袋,厚度为 0.06 mm,袋长 20 cm,宽 10 cm。塑料袋套脖,采用高弹性的橡皮筋。

1.3.2 装 袋

选择质量好的塑料袋,每袋装料 500 g,上下用力晃动,使松紧度一致,一般装至袋高的 3/5 左右为宜;表面整平,用纱布擦净袋口内外的残留棉籽壳;用手捏紧袋口,然后用橡皮筋扎住。

1.3.3 培养料的配比

本研究采用 3 种配料方式^[8]制作培养基 A、培养基 B、培养基 C,详见表 1。

表 1 培养基配方
Table 1 Medium formula

配方	棉籽壳	稻壳	麸皮	石灰	水
配方 A	800	—	80	20	1 200
配方 B	600	200	80	20	1 200
配方 C	700	100	80	20	1 200

1.3.4 灭 菌

培养料装袋以后,要及时在灭菌锅内进行灭菌。装好的袋子,直立排放在安全型智能高温反压蒸煮锅内,压力泵充压,以 147 kPa 压力,125 ℃ 的高温,灭菌 90 min。灭菌后,打开锅盖,趁培养料还有余热,取出放于干燥通风的接种室内继续冷却。

1.3.5 接 种

把已冷却到 30 ℃ 以下的培养料袋子,连同菌种和接种工具,搬入接种箱内。按箱内每立方米空间使用甲醛 10 mL、高锰酸钾 8 g 的标准,进行熏蒸灭菌 30 min,然后进行四周接种^[8]。

1.3.6 菌丝体培养

菌丝体培养是本研究的核心内容。参考文献[9],将接种好的材料放在适温透气黑暗的环境下,一般控制温度在 23 ℃ 左右、湿度在 60%左右。经过 1 个月的培养,菌丝体即可发好,整个材料表面布满白色菌丝体,整体呈白色柱状。这一期间管理工作非常重要,对产量和质量有决定性的影响,每天观察检查有无杂菌污染,如有污染的袋子要及时剔除。

1.4 产品成形

待菌丝体生长完成,塑料袋内的材料呈白色柱状,将其取出烘干、定形,即可得到“蘑菇包装”缓冲材料。

1.5 产品性能测试

采用 YED—50 电子式包装件压力试验机测试蘑菇包装的耐压强度。按照 GB/T 4857.4—2008《包装 运输包装件基本试验 第 4 部分:采用压力试验机进行的抗压和堆码试验方法》对产品进行静态压缩试验^[10]。

2 结果与讨论

2.1 菌丝生长速度

将各菌种放在 3 种不同的培养基 A、B、C 中,生长出不同的菌丝体。实验结果如表 2 所示。

表 2 各菌种在 3 种培养基上的生长

Table 2 Growth of strain in three kinds of medium

供应菌种	菌丝体生长速度			菌丝体密度		
	A	B	C	A	B	C
金针菇	快	快	快	+++	+++	++++
鸡腿菇	快	较快	较快	++	++	++
平菇 2005	快	快	快	+++	+++	++++
春栽一号	较快	一般	较快	+++	++	++++
夏灰一号	一般	慢	一般	++	++	++
早熟 5-1	慢	慢	一般	+	+	++
早秋 615	一般	慢	一般	++	+	++

注:“++++”表示菌丝体很浓密;“+++”表示菌丝体浓密;“++”表示菌丝体稀疏;“+”表示菌丝体极稀。

从表 2 可以看出,金针菇、平菇 2005、春栽一号在棉籽壳含量较高的培养基中生长较好,且生长速度较快。鸡腿菇、夏灰一号、早熟 5-1、早秋 615 则对棉籽壳含量要求不高,在所有培养基中生长速度一般,长势一般。说明有些菌丝体对棉籽壳的营养成分能够更好地利用。同时,大多数菌种在纯棉籽壳的培养基中生长的菌丝体密度比在含有稻壳的培养基中生长的菌丝体密度高。

各菌种菌丝体的生长速度:平菇 2005>春栽一号>金针菇>鸡腿菇>早秋 615>夏灰一号>早熟 5-1。

2.2 静态缓冲性能分析

在烘干箱中把蘑菇中的孢子杀死,使其停止生长,同时烘干其中的水分,测量材料密度。试验密度测量及结果如表 3 所示。

表 3 各试样密度测定
Table 3 Sample density measurement

试样编号	质量/g	长度/cm	宽度/cm	厚度/cm	密度/(g·cm ⁻³)
金针菇-A	86.86	9.5	7	6	0.267
金针菇-B	93.62	10	7	6	0.223
金针菇-C	102.13	10	7.5	6.5	0.209
鸡腿菇-A	98.46	9	7.5	7	0.208
鸡腿菇-B	95.82	9	7.5	7	0.202
鸡腿菇-C	91.37	9	7.5	7	0.193
平菇 2005-A	112.95	10	7.5	6	0.251
平菇 2005-B	96.45	8.5	7	6.5	0.234
平菇 2005-C	101.17	10	7.5	6.5	0.207
春栽一号-A	101.20	10	7.5	6	0.225
春栽一号-B	97.58	9.5	7.5	6.5	0.210
春栽一号-C	103.84	10	7.5	6.5	0.213
夏灰一号-A	95.50	9	7.5	7	0.201
夏灰一号-B	102.92	10	7	7	0.210
夏灰一号-C	93.40	9	7.5	7	0.198
早熟 5-1-A	98.42	9.5	7	6	0.246
早熟 5-1-B	102.23	10	7	6	0.243
早熟 5-1-C	96.49	9.5	7	6.5	0.223
早秋 615-A	103.53	10.5	7.5	6.5	0.202
早秋 615-B	99.57	10	7.5	7	0.189
早秋 615-C	98.65	10.5	7.5	7	0.178

2.2.1 相同培养料不同菌种的静态缓冲性能测试

实验选用试样:金针菇-A,密度 0.267 g/cm³;鸡腿菇-A,密度 0.202 g/cm³;平菇 2005-A,密度 0.207 g/cm³;春栽一号-A,密度 0.225 g/cm³;夏灰一号-A,密度 0.201 g/cm³;早熟 5-1-A,密度 0.246 g/cm³;早秋 615-A,密度 0.178 g/cm³。所有试样尺寸均为 9 cm×6 cm×6 cm。

考虑实际流通环境情况,在 25 ℃,相对湿度 50%的条件下对所有样品进行 24 h 温湿度预处理,分别在标准环境中进行准静态压缩。

以不同的菌种在 A 培养基中生产的材料为试样,试验结果如图 1 所示。当材料进行实验完静置 3 min后,测量试样的厚度及残余应变,结果如表 4 所示。

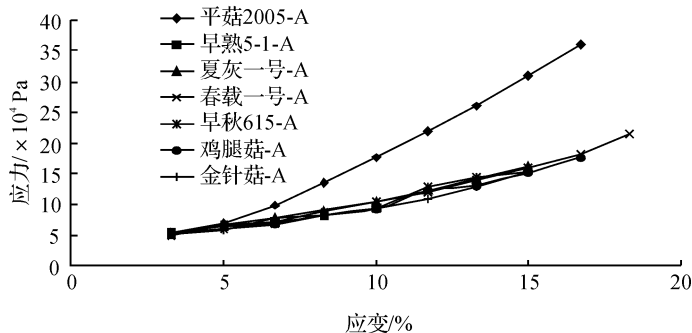


图 1 不同菌种在 A 培养基中培养出来的材料的应力-应变曲线
Fig. 1 Stress-strain curve of materials in different strains produced in medium A

表 4 3 min 后试样厚度及残余应变

Table 4 Sample thickness and residual strain in three minutes

试样	试样厚度/cm	卸载 3 min 后试样厚度/cm	残余应变/%
金针菇-A	6	5.63	6.1
鸡腿菇-A	6	5.71	4.8
平菇 2005-A	6	5.78	3.6
春栽一号-A	6	5.63	6.1
夏灰一号-A	6	5.41	9.8
早熟 5-1-A	6	5.22	13.0
早秋 615-A	6	5.38	10.3

从图 1 的曲线形态上看,除了平菇 2005,其他菌类都相似,可见密度对缓冲材料的应力-应变曲线的影响很小。在小应变的情况下,材料的弹性越好,产生的变形越大^[11];随着载荷的增加,材料发生了弹性屈曲,随后曲线呈现出较长的平滑阶段,此时材料发生了较大的塑性变形,应力随应变的增加增长缓慢,这是因为大部分能量被材料吸收或耗散。之后随着应变量超过材料的脆值,材料结构遭到破坏,对能量的吸收减小,材料传递的应力也开始急剧上升。平菇 2005 相比较其他菌种,应力变化较小,而且曲线几乎呈现为直线。当承受相同的力时,形变比较大,说明弹性比较好。其他 6 种菌曲线相似,说明能承受的压力比较大。从表 4 可以看出,早熟 5-1-A 和早秋 615-A 回弹性差,而平菇 2005-A 和鸡腿菇-A 回弹性较好。

2.2.2 相同菌种不同培养料的静态缓冲性能测试

试验选用试样:平菇 2005-A,密度 0.251 g/cm^3 ;平菇 2005-B,密度 0.234 g/cm^3 ;平菇 2005-C,密度 0.207 g/cm^3 。所有试样尺寸均为 $9 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ 。

以平菇 2005 在不同培养基中生产的材料为试样,实验结果如图 2 所示。当材料进行完试验静置 3 min 后,测量试样的厚度及残余应变,结果如表 5 所示。

从图 2 的曲线形态上看,B 跟 C 类同,A 不同。B、C 线相比较,可见密度对缓冲材料的应力-应变曲线的影响很小。A 与 B、C 比较,说明 A 能承受的压力比较大。B 与 A、C 比较,B 在应变为 13% 左右出现急剧上升,也就是马上就要压溃,可见 B 能承受的压力范围特别小。从表 4 中可以看出,A、C 的回弹性比较好,B 相对来说要差一点。

表 5 3 min 后试样厚度及残余应变

Table 5 Sample thickness and residual strain in three minutes

试样	试样厚度/cm	卸载 3 min 后试样厚度/cm	残余应变/%
平菇 2005-A	6	5.78	3.6
平菇 2005-B	6	5.58	7.0
平菇 2005-C	6	5.82	3.0

2.3 平菇 2005-A 与 EPS 对比

EPS 是聚苯乙烯(PS)的硬质蜂窝状泡沫物,因其具有优良的缓冲性能,在现代包装行业中得到了广泛的应用。选用密度为 0.012 g/cm^3 ,尺寸 $9 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ 的 EPS 材料为试样。

测试 EPS 试样和平菇 2005-A 静态缓冲性能,得到图 3。

通过对比平菇 2005-A 与 EPS 材料的应力-应变

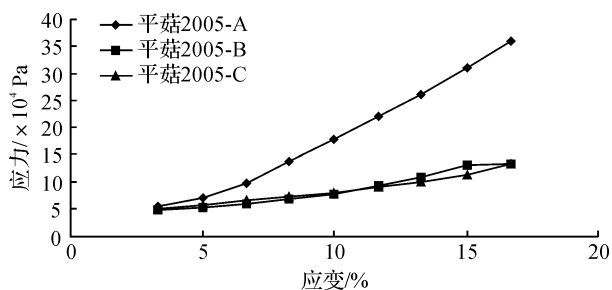


图 2 平菇 2005 在不同培养基中培养出来的材料的应力-应变曲线

Fig. 2 Stress-strain curve of materials of pleurotus ostreatus 2005 cultivated in different medium

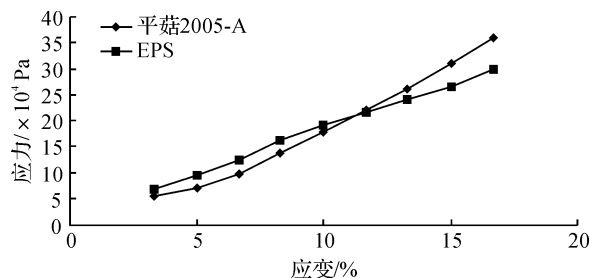


图 3 平菇 2005-A 与 EPS 应力-应变曲线比较

Fig. 3 Stress-strain curve of EPS

曲线,可以直观地看出可承受相同的应力,平菇 2005-A 产生的形变与 EPS 材料相当,说明平菇 2005-A 类的“蘑菇包装”能够替代 EPS 材料。

3 结 语

本研究的试验结果表明:各菌种菌丝体的生长速度为平菇 2005>春栽一号>金针菇>鸡腿菇>早秋 615>夏灰一号>早熟 5-1。通过静态压缩试验分析可知,平菇 2005 的回弹性能较好,缓冲性能优异,比较适合制造“蘑菇包装”材料;纯棉籽壳的培养料能生产出更高效、更实用、更具缓冲性的包装材料。通过各种测试分析,得出平菇 2005 的菌丝体是最适合制作“蘑菇包装”的原材料;含高配比棉籽壳的培养基是最理想的培养原料。通过平菇 2005-A 与 EPS 材料的对比试验,可以确定“蘑菇包装”能替代一般缓冲材料。

参考文献:

- [1] 宋晓君,刘飞龙,姜波. 基于绿色包装材料应用和发展研究[J]. 黑龙江科技信息,2014(4):64.
- [2] 益小苏,沈烈,石小英. 完全生物降解塑料发展现状[J]. 材料导报,1994(4):49-53.
- [3] Bolivar A I, Venditti R A, Pawlak J J, et al. Development and characterization of novel starch and alkyl ketene dimer microcellular foam particles[J]. Carbohydrate Polymers,2007,69(2):262-271.
- [4] Carr L G, Parra D F, Ponce P, et al. Influence of fibers on the mechanical properties of cassava starch foams[J]. Journal of Polymers and the Environment,2006,14(2):179-183.
- [5] 胡志军. 绿色缓冲包装材料的现状及研究进展[J]. 浙江科技学院学报,2009,21(4):327-331.
- [6] 佚名. 美国企业家用蘑菇造环保包装取代白色垃圾塑料袋[J]. 中国包装,2012(11):28-32.
- [7] Zharare G E, Kabanda S M, Poku J Z. Effects of temperature and hydrogen peroxide on mycelial growth of eight pleurotus strains[J]. Scientia Horticulturae,2010,125(2):95-102.
- [8] 王谷成. 棉籽壳培养食用菌[M]. 北京:科学普及出版社,1986.
- [9] 王自力. 金针菇菌丝的培养法[J]. 食用菌,2001,23(3):27.
- [10] 郭彦峰,付云岗,许文才,等. 缓冲包装件的运输包装性能测试与评估[J]. 包装工程,2006,27(4):26-28,35.
- [11] 霍银磊,张新昌. 发泡塑料缓冲设计中材料的密度选择[J]. 塑料工业,2007,35(5):40-43.