

热压成型工艺对秸秆复合餐具耐水性能的影响^{*}

丁 武¹, 杨中平²

(1 西北农林科技大学 食品科学与工程学院; 2 机械与电子工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 以提高秸秆复合餐具耐水性为目标, 通过二次正交旋转设计研究了成型温度、压力、原料形态和施胶量等主要工艺参数对耐水性能的影响。结果表明, 在试验条件下, 其最佳工艺参数为热压温度 120℃, 胶量 350 g/kg, 压力 5.88 MPa, 全茎秆碎料。

[关键词] 秸秆复合餐具; 耐水性; 热压成型

[中图分类号] S216.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)02-0137-04

秸秆复合餐具是为解决“白色污染”而开发的一种一次性发泡塑料餐具的替代品。该产品以秸秆为原料, 经干燥、破碎、添加对人体无毒无害的天然胶粘剂后, 与食品包装纸复合, 最后热压成型。其耐水性能能否满足使用要求, 是产品开发与应用中需要解决的难题之一^[1, 2]。本试验探讨了其加工工艺对秸秆复合餐具耐水性的影响, 为秸秆复合餐具的开发应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 主要设备

压力机: 总压力 3 528 GPa。热压模具及控温系统: 控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$, 测温精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。压力检测: 采用 BLR-1 型 (1.96 GPa) 荷重传感器 (华东电子仪表厂), 配 YD 21 动态应变仪, 线性误差 $< 1\%$ 。电子顶载天平型号: EB-280-12。电热鼓风干燥箱型号: CSD F-1 型。

1.2 材料制备

覆面材料: 半透明纸 (31 g/m^2)。芯层材料: 玉米

秸秆, 风干去叶, 加装 $\Phi 10\text{ mm}$ 筛板粉碎, 通过分离机分离秸秆的皮与髓, 以没有分离皮和髓的玉米秸秆碎料为全秆碎料, 再将髓或皮按不同的比例加入其中制成其他材料。

1.3 胶粘剂

胶粘剂用干酪素胶^[3]。

1.4 测试指标

(1) 试样规格: $\Phi 130\text{ mm} \times 15\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ (直径 $\times$ 高度 $\times$ 厚度) 的圆形餐具。重量 20 g, 含水率 12%。

(2) 测试条件: 制成的样品在常温下放置 24 h。

(3) 耐水性能: 用餐具在一定时间内吸水量的变化来衡量^[4]。在常温下加 20℃ 的水 50 mL, 2 h 后倒出, 自然控水 10 min 后, 用电子天平称其重量。

吸水量 = 浸水后餐具的重量 - 原餐具的重量。

(4) 外观: 将试样分组编号放置在干净的平台, 加水后按外观改变程度依次打分, 按百分制计分。其评分标准见表 1。

表 1 餐具外观评分标准

Table 1 The score standard of dishware face color

颜色 Color	颜色无变化 No color change	颜色微黄 Yellowish	颜色褐黄 Brown yellow	颜色黑黄 Black yellow
分数 Mark	80 以上	80~70	70~60	60 以下
评价 Score	优	良	合格	不合格

2 试验方案设计

2.1 二次正交旋转设计

选择温度、压力、施胶量、原料为主要因素^[5], 依据预试验结果确定各因素取值范围分别为: 温度

80~140℃, 压力 1.96~5.88 MPa, 施胶量 200~400 g/kg, 原料分别为全秆碎料中加髓 40%, 加髓 20%, 全秆碎料及全秆碎料中加皮 40%, 加皮 20%。试验因素水平编码 $Z_j(x_j)$ 见表 2。

^{*} [收稿日期] 2002-03-01

[基金项目] 杨凌示范区农业综合开发项目“秸秆工业化综合利用”

[作者简介] 丁 武(1971-), 男, 陕西吴堡人, 讲师, 博士, 主要从事食品加工工艺的研究。

2 2 试验方案及数据

试验方案及数据见表 3。

表 2 因子水平取值及其编码

Table 2 The factor level and it's coding

$Z_j(x_j)$	热压温度/ Temperature	压力/ MPa Pressure	胶量/ $(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$ Agglutinant quantity	原料 Material
上星号臂+ 2 Up level+ 2	140	5.88	400	加皮 40% Add bark 40%
上水平+ 1 Up level+ 1	120	4.90	350	加皮 20% Add bark 20%
基准水平 0 Standard	100	3.92	300	全 杆 碎 料 Whole corn stalk broken materials
下水平-1 Down level-1	80	2.94	250	加髓 20% Add pith 20%
下星号臂-2 Down level-2	60	1.96	200	加髓 40% Add pith 40%
ΔJ	20	0.98	50	加髓和皮各 20% Add pith 20% and add bark 20%

表 3 试验方案及试验数据

Table 3 The test scheme and the test data

编号 Number	热压温度/ (X_1)	压力/ Pa (X_2)	胶量/ $(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$ (X_3)	原料/% (X_4)	试验数据 Data	
					耐水性(Y_1) Water-tolerance	外观(Y_2) Appearance
1	- 1	- 1	- 1	- 1	2.391	89
2	- 1	- 1	- 1	1	2.245	82
3	- 1	- 1	1	- 1	2.313	85
4	- 1	- 1	1	1	2.211	81
5	- 1	1	- 1	- 1	2.387	92
6	- 1	1	- 1	1	2.301	87
7	- 1	1	1	- 1	2.316	83
8	- 1	1	1	1	2.234	82
9	1	- 1	- 1	- 1	2.361	79
10	1	- 1	- 1	1	2.311	77
11	1	- 1	1	- 1	2.107	69
12	1	- 1	1	1	1.999	65
13	1	1	- 1	- 1	2.254	79
14	1	1	- 1	1	2.035	74
15	1	1	1	- 1	1.913	71
16	1	1	1	1	1.901	63
17	- 2	0	0	0	2.511	89
18	+ 2	0	0	0	2.191	61
19	0	- 2	0	0	2.117	78
20	0	+ 2	0	0	1.999	79
21	0	0	- 2	0	2.551	80
22	0	0	+ 2	0	1.911	65
23	0	0	0	- 2	2.276	90
24	0	0	0	+ 2	1.996	69
25	0	0	0	0	1.983	82
26	0	0	0	0	1.971	73
27	0	0	0	0	1.993	79
28	0	0	0	0	2.001	81
29	0	0	0	0	2.104	76
30	0	0	0	0	1.965	81
31	0	0	0	0	1.976	78
32	0	0	0	0	1.897	76
33	0	0	0	0	2.005	79
34	0	0	0	0	1.889	78
35	0	0	0	0	2.011	77
36	0	0	0	0	1.891	81

3 结果与分析

3.1 各指标的回归方程

根据二次回归旋转设计得出各指标的回归方程^[6], 根据回归系数的 F 检验值, 剔除不显著因素及不显著的交互作用, 得到各指标简化回归方程(标准回归方程):

$$Y_1 = 2\ 125 - 0\ 089\ 8\ X_1 - 0\ 107\ X_3 - 5\ 687\ X_4 - 0\ 047\ 06\ X_1X_2 - 0\ 049\ 44\ X_1X_3 + 0\ 096\ 11\ X_1^2 + 0\ 066\ 11\ X_3^2 + 0\ 042\ X_4^2$$

$$Y_2 = 78\ 055 - 6\ 667\ X_1 - 3\ 75\ X_3 - 3\ 25\ X_4$$

各方程的统计检验结果见表 4。统计结果表明, 显著性水平均为 0.01, 且拟合很好。

表 4 回归方程统计试验结果

检验项目 Test item	耐水性 Water-tolerance (Y_1)	外观 Appearance (Y_2)
$F_{回} = \frac{S_{回}/f_{回}}{S_R/f_R}$	19.333	14.654
显著水平 Significance level	0.01	0.01
$F_{Hf} = \frac{S_{Hf}/f_{Hf}}{S_e/f_e}$	1.348	1.481
$F_{0.25}(10, 11)$	1.52	1.52

3.2 结果分析

3.2.1 耐水性 Y_1 从回归方程看, 餐具的耐水性 Y_1 主要受 X_3 (胶量)、 X_4 (材料)、 X_1 (温度)的影响, X_2 (压力)的影响不显著。温度和胶量的交互作用对 Y_1 存在显著影响, 温度和压力的交互作用对 Y_1 也存在显著影响。进一步分析得知, 其中材料、胶量为主要影响因素, 这与秸秆材料和干酪素胶本身的特性有关。

秸秆材料中皮的致密度远远大于髓, 因此吸水能力远远小于髓, 它的加入量越大餐具的耐水性越高^[7]。干酪素胶具有一定的耐水性和良好的粘结性, 其加入量越大, 在一定的温度下越有利于粘结秸秆原料中不同形式的纤维物质和其他成分, 原料间紧密的结合使纤维间的缝隙减小, 致密性提高; 同时温度的增高, 在一定范围内对胶内和原料中蛋白质的变性、淀粉的糊化、分子键和共价键的形成都是较有利的, 所以形成耐水性物质越多, 餐具的强度和耐水性得到提高。但若温度过高则会产生焦化现象, 破坏胶的粘结性, 破坏已形成的良好结构, 降低餐具的耐水性。

对 Y_1 的单指标的优化计算表明, 当热压温度为 112 , 压力为 5.88 MPa, 胶量为 380 g/kg, 全秆碎 $F(X) = C_1F_1(X) + C_2F_2(X) = 2\ 125 - 0\ 089\ 8X_1 - 0\ 107X_3 - 5\ 687X_4 - 0\ 047\ 06X_1X_2 - 0\ 049\ 44X_1X_3 + 0\ 096\ 11X_1^2 + 0\ 066\ 11X_3^2 + 0\ 042X_4^2 - 78\ 055 \cdot 0.01 + 6\ 667 \cdot 0.01X_1 + 3\ 75 \cdot 0.01X_3 + 3\ 25 \cdot 0.01X_4$

建立数学模型。目标函数: $\ln F(X)$ 。

约束条件: $G(1) = A(X_1, X_2, X_3, X_4) > 0$, $G(2) = X_1 - 2 < 0$, $G(3) = X_2 - 2 < 0$, $G(4) = X_3 - 2 < 0$,

料中加入 12% 的皮, 则餐具 2 h 吸水量为 1.845 05 g。

3.2.2 外观 Y_2 从回归方程看, 餐具的外观 Y_2 主要受 X_1 (温度)、 X_3 (胶量)、 X_4 (材料)的影响, X_2 (压力)的影响不显著。餐具的外观在干酪素胶存在条件下, 受干酪素胶和温度的影响最大, 外观变差的主要原因有: (1) 原料和胶粘剂中的一些高分子物质在高温高压下发生化学物理变化, 使材料中的纤维组织、淀粉及干酪素胶中的蛋白质在高温下焦化形成黑褐色物质, 影响餐具的外观; (2) 原料自身的颜色(皮的颜色深于髓的颜色), 在没有漂白的情况下, 原料中的皮越多, 餐具的外观越差。也就是说, 温度、胶量、材料对餐具外观都是有影响的。

对 Y_2 的单指标的优化计算表明, 当热压温度为 60 , 压力为 2.94 MPa, 胶量为 200 g/kg, 全秆碎料中加髓 40% 时, 餐具的外观最佳, 评分可达 95.389 分。

3.3 热压成型工艺参数的优化

对目标的优化采用校正权法。考虑到 Y_1, Y_2 两指标对餐具的实用性同等重要, 但指标数量级不同, 令 $C_1 = 1, C_2 = -0.01$, 得统一目标函数:

$$G(5) = X_4 - 2 < 0, G(6) = -X_1 - 2 < 0, G(7) = -X_2 - 2 < 0,$$

$$G(8) = -X_3 - 2 < 0, G(9) = -X_4 - 2 < 0.$$

优化程序: 应用非线性离散型优化软件 CVM 03, 上机进行优化求得较佳成型工艺。

4 结 论

(1) 影响秸秆复合餐具耐水性的因素为 X_3 (胶量)、 X_4 (材料) 和 X_1 (温度), X_2 (压力) 的影响不显著。

(2) 餐具的耐水性和原料中皮的含量成正比, 和髓的含量成反比。具有耐水性的胶的添加量是决定秸秆复合餐具耐水性的主要因素。温度和胶量的协调统一是十分必要的。

(3) 影响秸秆复合餐具外观的因素为 X_1 (温度)、 X_3 (胶量) 和 X_4 (材料), X_2 (压力) 的影响不显著。

(4) 考虑产品的外观和耐水性综合因素, 利用建立的回归方程对产品的综合性能作了优化, 得到较佳成型工艺参数: 温度 120 , 压力 5.88 MPa, 胶量 350 g/kg, 材料为全秆粉碎料。

最优结果为餐具 2 h 不透水, 吸水量 1.946 86 g。

[参考文献]

- [1] 刘志沈. 正在崛起的一次性植物秸秆餐具[J]. 包装与食品机械, 1998, (4): 26- 28
- [2] 杨中平. 植物秸秆制作果蔬内包装衬垫的可行性研究[J]. 农业工程学报, 1994, (10): 147- 149
- [3] 王孟钟, 黄应昌. 胶粘剂应用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1995
- [4] 造纸工业产品试验方法标准汇编[M]. 北京: 技术标准出版社, 1980
- [5] 郭康权. 关于植物材料压缩成型的研究[A]. 中国科协首届青年学术年会陕西卫星会论文集[C]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1992
- [6] 任露泉. 试验优化技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988
- [7] 郑睿贤, 韩景信. 纤维板技术问答[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981
- [8] 卡恰林 H B. 胶合板生产手册[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 60- 63

Study on the effects of process conditions on water-tolerance of one-time compound dinner-plate with cornstalk

DING Wu¹, YANG Zhong-ping²

(1 College of Food Science and Engineering; 2 College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The compound-film and nature glue of impact related to water-tolerance of the product have been studied, and the optimal technical conditions have been given. The result showed as follows: the optimal technical condition of one-time compound dinner-plate with cornstalk is temperature of the mould 120 , pressure 5.88 MPa, content of nature glue 350 g/kg and whole cornstalk broken materials. If it were improved, the plate can satisfy the need of consumer.

Key words: cornstalk; compound; water-tolerance; temperature-pressure moulding