

豆渣可食用包装纸的研制

杜磊,路志芳,王孟柯

(安阳工学院 生物与食品工程学院,河南 安阳 455000)

摘要:豆渣含有大量纤维素和钙,含有少量脂肪,具有较高的营养价值。为扩大豆渣的利用途径,提高大豆的经济价值,以鲜豆渣为原料,通过研究酶添加量、提取温度、时间、pH对豆渣中可溶性膳食纤维提取的影响,确定最佳条件。结果表明,当酶添加量0.5%、反应时间100 min、反应温度48℃、pH 4.3时提取率最高,为4.56%。将制得的可溶性膳食纤维与海藻酸钠、CMC和甘油按比例混合,以膜抗拉伸强度为指标,探究可溶性膳食纤维、甘油、CMC、海藻酸钠的添加量对豆渣可食用包装纸性能的影响。由正交实验可知当可溶性膳食纤维添加量为2.0%、海藻酸钠1.5%、CMC 0.5%、甘油1.5 mL时制得的膜性能最佳,抗拉强度为7.42 MPa。

关键词:豆渣;可溶性膳食纤维;可食用包装纸

中图分类号:TS 210.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-7561(2016)01-0091-04

Research on the edible wrapper of bean dregs

DU Lei, LU Zhi Fang, WANG Meng-ke

(School of Biotechnology and Food, Anyang Institute of Technology, Anyang Henan 455000)

Abstract: Bean dregs contains lots of fiber and calcium while just little fat, so it is of high nutritional value. In order to expand the utilization of bean dregs and improve the economic value of soybeans, by using fresh bean dregs as raw material to confirm the optimum conditions for extracting bean dregs soluble dietary fiber through the study on the dosage of enzyme, temperature, time and pH. The result shows that it can get the maximum extraction rate of 4.56% with the condition of 0.5% of the dosage of enzyme, 100 min of the reaction time, 48℃ of the reaction temperature, 4.3 of the pH. Then use tensile strength of film as index to conduct study on the impact on performance of the edible wrapper of bean dregs with different dosages of sodium alginate, CMC, glycerol and mixed soluble dietary fiber above. The result shows that it can get the best tensile strength of film of 7.42 MPa with 2.0 g soluble dietary fiber, 1.5 g sodium alginate, 0.5 g CMC and 1.5 mL glycerol through Orthogonal experiment.

Key words: Bean dregs; Soluble dietary fiber; Edible wrapping paper

目前食品包装大量使用的仍是塑料包装,然而废弃的食品塑料包装材料不易自然降解,垃圾难以处理,对环境的污染也越来越严重。对于食品来说,产品保质期的长短很大程度上取决于包装材料的好坏,所以研制新型、安全的绿色包装材料是包装行业越来越迫切的需要^[1]。我国的主要经济商品是农产品,最大程度的挖掘其剩余价值一直是科研人员的目标,不仅可以实现废物利用而且保护环境,更有助于社会经济的提高^[2]。利用豆渣中的可溶性膳食纤维(SDF)生产可食性包装纸,不仅提高了废物的利用率,又减少了对环境的污染,其发展前景极为

广阔^[3]。早在16世纪英国就有学者用猪油包裹食品,开创了用脂类涂层保鲜食品的先例^[4]。在增加提取率方面,王波等^[5]利用生物酶法提高豆渣中SDF的提取率。徐广超等^[6]将原料挤压处理后用酶法提取,增加了豆渣中SDF的提取率。而在可食用膜方面,现阶段研究相对较为成熟的有蛋白膜、多糖膜、淀粉膜等。韩兆鹏等^[7]研究了热处理及酸碱对膜性质的影响。王海燕等^[8]以提取的豆渣多糖为原料制成具备水溶性膳食纤维整肠功能且可用于方便面调料包装的可食用膜。本实验以鲜豆渣为原料,研究纤维素酶添加量、提取温度、时间、pH等条件对豆渣中SDF提取率的影响,探究膳食纤维、海藻酸钠、CMC(羧甲基纤维素钠盐)和甘油不同添加

收稿日期:2015-06-24

作者简介:杜磊,1980年出生,男,讲师。

比例对豆渣可食用包装纸性能的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜豆渣(干基 17.26%):市售;羧甲基纤维素钠、纤维素酶(食品级):河南绿邦食品原料有限公司;中性蛋白酶(食品级):湖南鸿鹰祥生物工程有限公司;海藻酸钠(食品级):上海沪试精细化学品有限公司;甘油、95%乙醇(食品级):天津市星月化工有限公司。

1.2 仪器与设备

L420 台式低速离心机:湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;HH-6 数显恒温水浴锅:国华电器有限公司;PE20 pH 计:梅特勒-托利多仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程

豆渣可食用包装纸制作工艺流程:豆渣→酸碱调节→酶处理→可溶性膳食纤维→加入辅助剂→搅拌→涂膜→干燥→成膜→测定性能。

1.3.2 SDF 提取条件的单因素实验

称取新鲜豆渣,不同比例水配制悬浊液,料液比分别为 1:5、1:10、1:15 g/mL。用质量分数为 3.65% 的盐酸溶液将 pH 调节至 3.5~5,加入纤维素酶。通过可溶性膳食纤维提取率确定最佳料液比。

在纤维素酶添加量为 0.5%、pH 4.5、反应时间 90 min 的条件下,研究酶解温度分别为 40、45、50、55 ℃时豆渣中可溶性膳食纤维的提取率。

酶解温度确定后,在 pH 4.5、反应时间 90 min 的条件下,研究加酶量分别为 0.25%、0.5%、0.75%、0.1% 时豆渣中可溶性膳食纤维的提取率。

酶解温度、纤维素添加量确定后,在 pH 4.5 条件下,研究酶解时间分别为 50、70、90、110 min 时豆渣中可溶性膳食纤维的提取率。

在纤维素酶添加量、温度、酶解时间确定的条件下,研究酶解 pH 分别为 3.5、4.0、4.5、5.0 时豆渣中可溶性膳食纤维的提取率。然后进行 SDF 提取条件的正交实验优化。

1.3.3 SDF 提取条件的正交实验

根据单因素实验结果,以纤维素酶添加量、反应温度、反应时间、pH 为控制因素,选择 L9(3⁴) 正交表进行正交实验,以提取率为实验指标,进行可溶性膳食纤维提取工艺的优化实验,提取率为所得的可溶性膳食纤维与豆渣干重之比。正交实验因素水平见表 1。

表 1 正交实验因素水平表

水平	A 加酶量/%	B 反应时间/min	C 反应温度/℃	D pH
1	0.3	80	44	4.3
2	0.5	90	48	4.5
3	0.7	100	52	4.7

1.3.4 SDF 制可食用包装纸的正交实验

以制得的可溶性膳食纤维的添加量、海藻酸钠的添加量、CMC 的添加量、甘油的添加量为控制因素,各实验因素的范围为:膳食纤维添加量范围为 1%~3%、海藻酸钠添加量范围为 1%~2%、CMC 添加量范围为 0.5%~1.5%、甘油添加量范围为 1~2 mL^[9],选择 L9(3⁴) 正交表进行正交实验。

表 2 正交试验因素水平表

水平	A 膳食纤维/%	B 海藻酸钠/%	C CMC/%	D 甘油/mL
1	1	1	0.5	1
2	2	1.5	1	1.5
3	3	2	1.5	2

作为食品包装材料,豆渣可食用包装纸应具有一定的强度、韧性和阻隔性能。本实验主要测试了豆渣膜的厚度^[8]、溶解度^[10]、抗穿刺强度^[11]、透明度^[12]等指标,并把抗穿刺强度作为主要指标研究膳食纤维添加量、甘油添加量、海藻酸钠添加量、CMC 添加量对豆渣可食用包装纸性能的影响。

厚度测定:在制得的豆渣膜上随机取 4 点,用游标卡尺测定膜的厚度,取其平均值,单位 mm;溶解度测定:将 5 g 可食用膜放入 60 ℃、100 mL 水中,快速搅拌至完全溶解,记录所用时间,测得膜的溶解速度;抗拉伸强度测定:选取厚度一致、平整、无破漏的薄膜,将膜裁成 15 cm×8 cm 的试样条,置于 25 ℃、相对湿度为 65% 的环境中平衡 48 h,然后固定于质构仪上,设定试样条的拉伸距离为 30 mm、速度为 30 mm/min,记录膜破碎时的最大拉力,实验做 3 个平行样,取其算术平均值。透明度测定:将制得的可食用膜剪成条状,贴在比色皿上,以空白实验作对照,在波长 540 nm 条件下测定吸光度,将吸光度转换成可以衡量可食用膜透明度的透光率。

2 结果与分析

2.1 SDF 提取条件单因素实验结果分析

2.1.1 料液比的筛选

不同料液比对 SDF 提取率影响的实验结果见图 1。

由图 1 可知,随着料相对含量减少,膳食纤维的提取率先升高,在 1:10 时达到峰值,其后稍有降低。这是因为酶作用于底物时有最适浓度范围,浓度较

高或较低时无法与酶完全接触,都会导致提取率降低。因此选择进行实验的料液比为 1:10。

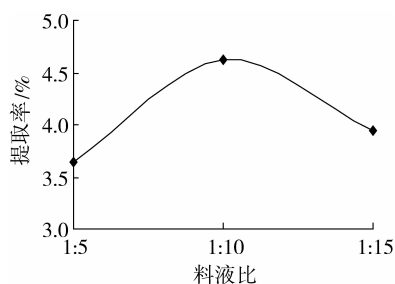


图1 料液比对水溶性膳食纤维提取率的影响

2.1.2 温度的确定

不同温度对 SDF 提取率影响的实验结果见图 2。由图 2 可知,随着温度的上升,豆渣中 SDF 的提取率先逐渐增大;当温度上升为 50 ℃ 时,提取率达到峰值 4.92%;温度继续上升,提取率反而减小。原因是对于酶来说参加反应都有最适宜温度,超过最适温度时,酶的化学结构被破坏,活性降低,提取率反而减小。因此选择进行正交实验的温度范围为 50 ℃ 左右。

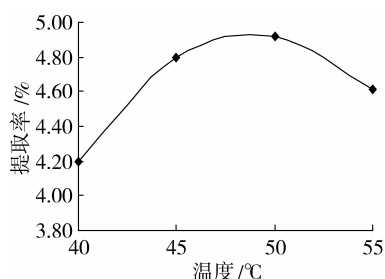


图2 不同温度对提取率的影响

2.1.3 纤维素酶添加量的确定

不同纤维素酶添加量对 SDF 提取率影响的实验结果见图 3。

由图 3 可知,随着纤维素酶添加量的增加,SDF 的提取率逐渐增大,但当添加量高于 0.75% 后提取率的增加趋势不明显。这可能是因为最初随着酶添加量的增大,纤维素、木质素等被酶解生成可溶性膳食纤维,使产率升高;随着酶量的继续增加,可溶性膳食纤维被酶解为小分子的单糖,使产率降低^[13]。因此选择进行正交实验的酶添加量约为 0.75%。

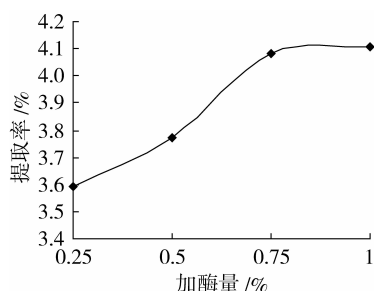


图3 不同加酶量对 SDF 提取率的影响

2.1.4 酶解反应时间的确定

不同反应时间对 SDF 提取率影响的实验结果见图 4。

由图 4 可知随着酶解时间的增加,SDF 的提取率升高,但当酶解时间高于 90 min 时,提取率不再升高且有减小趋势。这可能是因为反应初始酶没有与底物完全接触,作用不彻底,导致提取率较低;随着时间的增加,酶与底物完全反应,提取率增加,当增大到一定程度,增加速度变慢,有可能是因为反应液中对纤维素酶有抑制作用的糖生成较多,抑制了反应的进行^[14]。因此选择酶解反应时间为 90 min 左右。

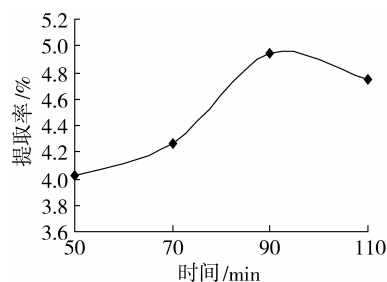


图4 酶解时间对 SDF 提取率的影响

2.1.5 pH 的确定

不同 pH 对 SDF 提取率影响的实验结果见图 5。由图 5 可知随着 pH 的增大,SDF 的提取率升高,在 pH 4.5 时达到峰值 4.98%,pH 高于 4.5 时提取率反而减小。这是因为酶解反应都有最佳酸碱范围,过酸或过碱都会破坏酶结构,降低酶活性,使反应液底物不能反应彻底,提取率减小。而且酸碱还会破坏纤维素的内部组织,活性降低,使其制得的膜性能下降,隔绝气体及水能力降低,用于制作食品包装时性能下降。因此选择进行正交实验的 pH 为 4.5 左右。

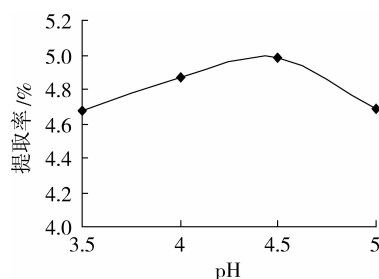


图5 pH 对 SDF 提取率的影响

2.2 SDF 提取条件的正交实验结果分析

SDF 提取的正交实验结果见表 3。由表 3 可知,组合为 A₂B₂C₃D₁ 时,即当酶添加量 0.5%、反应时间 90 min、反应温度 52 ℃、pH 4.3 时,可溶性膳食纤维提取率最高,为 4.32%。由极差分析可知各因素对 SDF 提取率的影响顺序依次为:反应时间 >

加酶量 > pH > 温度,可溶性膳食纤维提取的最佳配方为 A₂B₃C₂D₁,即酶添加量 0.5%、反应时间 100 min、反应温度 48 ℃、pH 4.3。两者结果不同,进一步做验证实验。由验证实验可知:在理论最佳条件 A₂B₃C₂D₁下豆渣中可溶性膳食纤维的提取率为 4.56%,而在实验最佳条件 A₂B₂C₃D₁下的可溶性膳食纤维提取率是 4.32%,而且经显著性分析可知两者差异显著,所以确定可溶性膳食纤维提取工艺的最佳条件为 A₂B₃C₂D₁,即酶添加量 0.5%,反应时间 100 min,反应温度 48 ℃,pH 4.3。

表 3 水溶性膳食纤维提取工艺的正交实验结果

实验号	A 加酶量 /%	B 反应时间 /min	C 温度 /℃	D pH	X 提取率 /%
1	1(0.3)	1(80)	1(44)	1(4.3)	3.82
2	1	2(90)	2(48)	2(4.5)	3.94
3	1	3(100)	3(52)	3(4.7)	4.20
4	2(0.5)	1	2	3	3.88
5	2	2	3	1	4.32
6	2	3	1	2	4.11
7	3(0.7)	1	3	2	3.42
8	3	2	1	3	3.48
9	3	3	2	1	4.29
x ₁	3.99	3.71	3.80	4.14	
x ₂	4.10	3.91	4.04	3.82	
x ₃	3.73	4.20	3.98	3.85	
R _x	0.37	0.49	0.23	0.32	

2.3 豆渣可食用包装纸制作工艺的正交实验结果分析

豆渣可食用包装纸制作工艺的正交实验结果见表 4。由表 4 可知组合为 A₂B₃C₁D₂时制得的膜抗拉强度最大,为 6.79 MPa,即可溶性膳食纤维添加量为 2.0%,海藻酸钠 2%,CMC 0.5%,甘油 1.5 mL,由极差分析可知各物质对豆渣可食用包装纸的性能影响的大小依次为可溶性膳食纤维添加量 > 海藻酸钠添加量 > 甘油添加量 > CMC 添加量,膜性能的主要影响因素是可溶性膳食纤维和海藻酸钠,其它因素作用不明显。海藻酸钠存在时溶液加热搅拌后粘性较好,有利于豆渣膜的制备。通过测定所制膜的抗拉强度,得到制膜工艺的最佳条件是 A₂B₂C₁D₂,即可溶性膳食纤维添加量为 2.0%,海藻酸钠 1.5%,CMC 0.5%,甘油 1.5 mL。

由验证实验可知:在理论最佳条件 A₂B₂C₁D₂下

制得可食用膜的抗拉强度为 7.42 MPa,而由实验最佳配方 A₂B₃C₁D₂制得膜的抗拉强度为 6.79 MPa,低于理论值,而且经显著性分析可知两者差异显著,所以制膜工艺的最佳条件是 A₂B₂C₁D₂,即可溶性膳食纤维添加量为 2.0%,海藻酸钠 1.5%,CMC 为 0.5%,甘油 1.5 mL。此条件下制得的豆渣可食用包装纸性能的各数据指标见表 5。

表 4 豆渣可食用包装纸制作工艺的正交实验结果

实验号	A 膳食纤维 /%	B 海藻酸钠 /%	C CMC /%	D 甘油 /mL	X 抗拉强度 /MPa
1	1(1)	1(1)	1(0.5)	1(1)	1.84
2	1	2(1.5)	2(1)	2(1.5)	3.50
3	1	3(2)	3(1.5)	3(2)	2.78
4	2(2)	1	2	3	5.80
5	2	2	3	1	6.27
6	2	3	1	2	6.79
7	3(3)	1	3	2	4.21
8	3	2	1	3	5.70
9	3	3	2	1	5.00
x ₁	2.71	3.95	4.78	4.37	
x ₂	6.29	5.16	4.77	4.83	
x ₃	4.97	4.86	4.42	4.76	
R _x	3.58	1.21	0.36	0.46	

表 5 豆渣可食用包装纸质量指标测定结果

测定指标	厚度 /mm	溶解时间 /s	透明度 /%	抗拉伸强度 /MPa
数值	0.2 ± 0.05	36 ± 0.4	14.7 ± 0.4	7.42 ± 0.21

最终制得的膜软硬适中,柔韧性较好,颜色浅黄,综合性能较好,适于保护食品,延长货架期。

3 结论

利用单因素实验初步确定各因素的最佳效果,再采用正交实验最终确定实验方案。结果表明:可溶性膳食纤维提取的最佳工艺为酶添加量 0.5%,反应时间 100 min,反应温度 48 ℃,pH 4.3;可食用膜制作的最佳条件是可溶性膳食纤维为 2.0%,海藻酸钠 1.5%,CMC 为 0.5%,甘油 1.5 mL,最终抗拉伸强度为 7.42 MPa,与潘旭琳可食用包装膜的研究结果基本一致。

本实验以鲜豆渣为原料提取可溶性膳食纤维,与以往提取实验相比,不仅减少了工艺步骤,且节约

(下转第 101 页)