

绿豆芽可食性膜的制备及性能研究

潘旭琳, 于璐, 李建

(黑龙江八一农垦大学, 大庆 163319)

摘要:以绿豆芽为基材,羧甲基纤维素和海藻酸钠作为成膜剂,甘油为增塑剂,通过正交试验,优化可食性膜的配方,并进行了膜性能的测定。结果表明,配方最优组合为绿豆芽浆料 20.0 g、羧甲基纤维素 1.5 g、海藻酸钠 1.8 g、甘油 1.5 mL,经过测定,膜综合性能良好。绿豆芽可食性膜食用方便,增加了营养,同时又保护了环境,具有广阔的发展前景。

关键词:绿豆芽;可食性膜;性能测定

中图分类号: TB484.3; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)13-0005-05

Preparation and Performance of Mung Bean Sprouts Edible Film

PAN Xu-lin, YU Lu, LI Jian

(Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: Mung bean sprouts were used as substrate, carboxymethyl cellulose and sodium alginate as film-former, glycerin as plasticizer. By orthogonal experiment, the film formula was optimized and membrane performance was determined. The result showed that when mung bean sprouts is 20.0 g, carboxymethyl cellulose is 1.5 g, sodium alginate is 1.8 g, glycerin is 1.5 mL, the formula is the best; the comprehensive performance of the edible film is very good. The mung bean sprouts edible film is convenient to eat and it increases nutrition. It has wide development prospect in environmental protection.

Key words: mung bean sprouts; edible film; performance measurement

目前广泛应用于食品包装与保鲜的材料多为化学合成的塑料制品,塑料制品以来源丰富、外表美观、质轻、加工方便一直占领着市场,但也因其丢弃后降解困难而恶化着人类的生存环境^[1]。因此,人们开始越来越重视绿色包装产品的研究和开发,更多形式的可降解包装材料以及可以直接食用的包装材料问世,如:可降解包装产品、可食性膜、蔬菜纸等,这将是食品包装行业的主要趋势。

豆芽中含有大量的抗酸性物质,具有良好的防老化功能,能起到有效的排毒作用^[2]。豆芽含有丰富的粗纤维,能够促进肠道蠕动、通便减肥^[3]。另外,豆芽还具有预防消化道恶性肿瘤、降血脂、软化血管、消除疲劳的功效。绿豆芽含维生素丰富,尤其是维生素 C 更为丰富^[4-5]。因此,笔者以绿豆芽为主要原料,研制一种可以食用的包装材料,并测定其性能。

1 试验

1.1 材料

材料:绿豆芽,自制;羧甲基纤维素,AR,天津市科密欧化学试剂有限公司;海藻酸钠,AR,天津市大茂化学试剂厂;甘油,AR,天津市大茂化学试剂厂。

1.2 仪器

仪器:电子分析天平(JAR2140),梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;电热鼓风干燥箱(101-2A),天津市泰斯特仪器有限公司;精密定时电动搅拌器(JJ-1),江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;电热恒温水浴锅(DK-S12),上海森信实验仪器有限公司;组织捣碎机(FK-A),江苏省金坛市金城国胜实验仪器厂;

收稿日期:2013-05-11

基金项目:黑龙江省教育厅 2013 科学技术研究面上项目(12531464)

作者简介:潘旭琳(1970-),女,山东人,硕士,黑龙江八一农垦大学副教授,主要研究方向为食品工程。

透气性测试仪(BTY-B1), 济南兰光机电技术有限公司; 透湿性测试仪(TSY-T1L), 济南兰光机电技术有限公司; 薄膜厚度检测仪(CHY-C2), 济南兰光机电技术有限公司; 抽充气包装机(600), 上海翔一包装机械有限公司; 智能电子拉力试验机(XLW), 济南兰光机电技术有限公司; 电子式耐破度测试仪(ZDNP-6), 长春市月明小型试验机有限责任公司。

1.3 绿豆芽可食性膜制备工艺

制备工艺流程: 绿豆芽→清洗、切分→漂烫→冷却→均质→过筛→添加成膜剂、增塑剂→搅拌、水浴→涂板→干燥→回湿→揭膜→密封保存。

自制新鲜绿豆芽经清洗、切分成 1 cm 左右的小段, 用沸水漂烫 10 min 至柔软, 取出用冷水冲净后沥干, 按料液比 1:1 加蒸馏水于组织捣碎机打浆 30 min, 使浆料均匀, 用 120 目筛网滤去浆料中的水, 取不同量的浆料溶于 100 mL 蒸馏水中, 制成不同浓度的浆料溶液, 再分别添加不同浓度的海藻酸钠、羧甲基纤维素钠或甘油制成复合溶液, 搅拌均匀, 75 °C 水浴加热并搅拌 30 min, 70 °C 条件下烘干 4 h, 涂布于自制带边框的玻璃板上干燥成型, 100 °C 水蒸气中回湿 25 s 揭膜, 待测。

1.4 测试指标

取试样 3 个, 测定结果取平均值。

1.4.1 膜厚度及溶解性的测定

可食性膜的厚度对膜的抗拉强度、耐破度、透气性、透湿性等性质有直接影响。按照 GB/T 6672—2001 进行测定, 取其平均值, 读数时准确到 0.001 mm^[6]。

1.4.2 膜溶解时间的测定

将 3 g 膜放入 100 mL 的沸水中, 快速搅拌至溶液中无膜碎片, 记录所用时间。

1.4.3 膜透气性的测定

采用拟杯子法^[7]。用直径 100 mm 的裁膜器取样, 在一定的温度和湿度条件下, 使试样两侧保持一定的气体压差, 通过测量试样低压侧气体压力变化, 得出膜的透气量。

1.4.4 膜透湿性的测定

用直径 100 mm 的裁膜器取样, 在一定的温度和湿度条件下, 使试样的一侧保持恒定的饱和蒸汽压, 另一侧保持干燥, 通过测定透湿杯内蒸馏水蒸发减重随时间递减的变化量求出试样的透湿量等参数^[8-9]。

1.4.5 膜抗拉强度、热封强度的测定

抗拉强度表征可食性膜试样在测试方向上能承受的最大张力, 以拉伸应力表示。选取厚度一致、平整、无破漏的薄膜, 将膜裁成 15 cm×1.5 cm 的试样条进行检测^[10]。

1.4.6 膜耐破度的测定

裁取长、宽均不小于 10 cm 的试样进行测定。

2 结果与分析

2.1 绿豆芽添加量对膜性能的影响

加入羧甲基纤维素 1.5 g, 海藻酸钠 1.4 g, 甘油 1.5 mL 溶于蒸馏水, 定容至 100 mL, 分别添加豆芽浆料 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0 g, 成膜后测定机械性能。绿豆芽添加量对膜性能的影响见图 1。

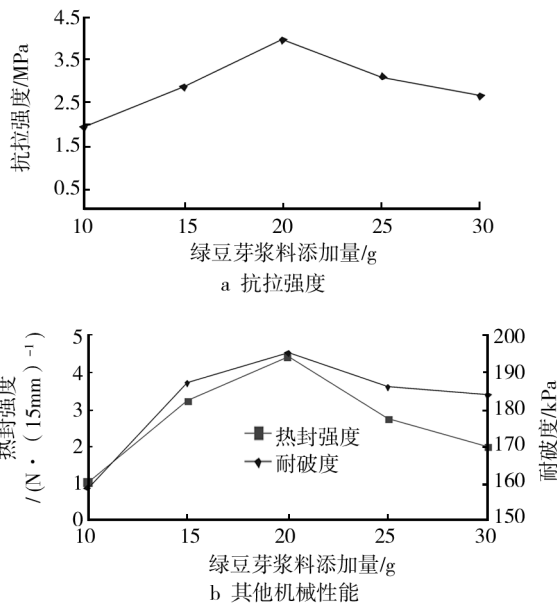


图1 绿豆芽浆料添加量对膜性能的影响

Fig. 1 Effect of mung bean sprouts amount on film performance

由图 1a 可以看出, 绿豆芽添加到复合膜中可以明显改善其机械性能, 随着膜液中豆芽浆料含量的增加, 膜的抗拉强度上升, 绿豆芽是膜的主要成分, 其含有纤维质物质, 随着含量上升, 则可食性膜的致密性与连续性上升, 可以构成一个良好的内部结构, 使抗拉强度增大。但当豆芽含量大于 20.0 g 时, 膜的抗拉强度下降。这是由于添加量过大, 膜液黏度增大, 流动性差, 成膜厚度不均匀, 抗拉强度下降^[5]。由图 1b 可以看出, 随着绿豆芽浆料的增加, 热封强度和耐破度的变化趋势与抗拉强度基本一致, 因此绿豆芽浆料

的添加量确定为 20 g。

2.2 羧甲基纤维素添加量对膜性能的影响

豆芽浆料 20.0 g,海藻酸钠 1.4 g,分别加入羧甲基纤维素 1.0,1.5,2.0,2.5,3.0 g,加入甘油 1.5 mL,溶于蒸馏水中,定容至 100 mL,成膜后测定机械性能。羧甲基纤维素添加量对膜性能的影响见图 2。

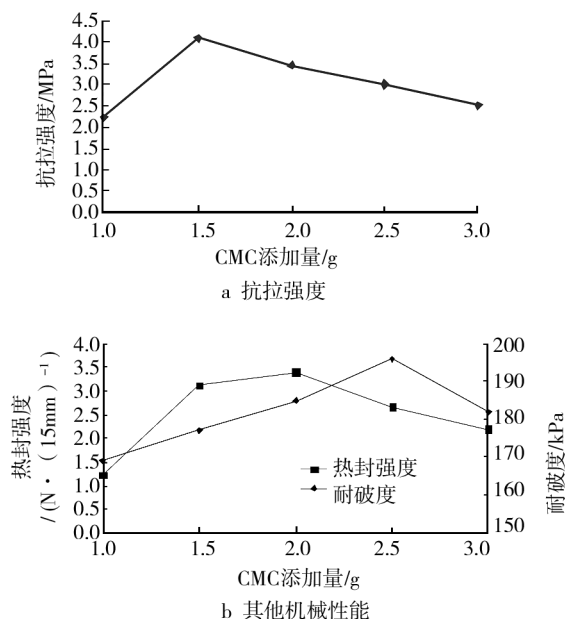


图2 羧甲基纤维素添加量对膜性能的影响

Fig.2 Effect of carboxymethyl cellulose amount on film performance

由图 2a 可知,随着羧甲基纤维素添加量的增加,抗拉强度增加,羧甲基纤维素作为成膜剂,通过氢键和基团与基材分子结合,可以使可食性膜的结构更加致密,对单一性基材起到增加强度的作用。由图 2b 可以看出,随着羧甲基纤维素添加量的增加,热封强度在 1.5 g 和 2.0 g 时差别不明显,此时耐破度呈逐渐加强的趋势,当甲基纤维素添加量为 2.5 g 时,耐破度达到最大,但此时抗拉强度已经在下降的过程中,这是因为 CMC 添加量过大,膜脱气困难,组织内部形成不均匀气孔,于是对抗拉强度影响较大,因此 CMC 添加量确定为 1.5 g。

2.3 海藻酸钠添加量对膜性能的影响

豆芽浆料 20.0 g,羧甲基纤维素 1.5 g,分别添加海藻酸钠 1.0,1.4,1.8,2.2,2.6 g,加入甘油 1.5 mL 溶于蒸馏水中,定容至 100 mL,成膜后测定机械性能。海藻酸钠添加量对膜性能的影响见图 3。

由图 3a 可知,海藻酸钠添加量为 1.4 g 时,可食

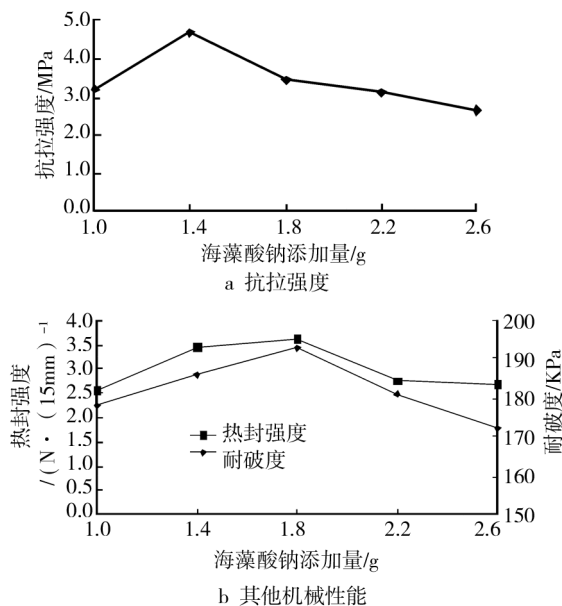


图3 海藻酸钠添加量对膜性能的影响

Fig.3 Effect of sodium alginate amount on film performance

性膜的抗拉强度最大。海藻酸钠为 1.0 g 时,其流动性太大,不便于控制,而当海藻酸钠浓度大于 1.4 g 时,膜的抗拉强度和感官指标有所下降。由图 3b 知,随着海藻酸钠添加量的增加,热封强度和耐破度都有所增加,且热封强度在添加量为 1.4 g 和 1.8 g 时,相差不大;当添加量超过 1.8 g 时,热封强度和耐破度开始呈下降趋势,且耐破度下降较快,这是因为海藻酸钠是增稠剂,增大海藻酸钠的添加量虽然可以增强其内部网状结构的致密性,但会影响到成膜过程中液体流动时组分的均匀性,而且气泡脱出困难,从而降低了性能。综合考虑确定海藻酸钠添加量为 1.8 g。

2.4 甘油添加量对膜性能的影响

豆芽浆料 20.0 g,羧甲基纤维素 1.5 g,海藻酸钠 1.4 g,分别加入甘油 0.5,1.0,1.5,2.0,2.5 mL,溶于蒸馏水中,定容至 100 mL,成膜后测定机械性能。甘油添加量对膜性能的影响见图 4。

由图 4a 可以看出,随着甘油的添加,抗拉强度略有增加,但随之膜的抗拉强度降低,这是由于甘油削弱了分子间的作用力,软化膜的刚性结构,增加了链的流动性,使膜结构变得疏松,故使膜的强度下降。甘油含量少时膜脆,柔软性差;若含量高,膜则不易干燥,影响成膜性,机械强度下降,且当甘油添加量大于 1.5 mL 时,此时的膜过于柔软易吸收水分,会影响膜的封合性和吸湿性。由图 4b 可以看出,随着甘油添

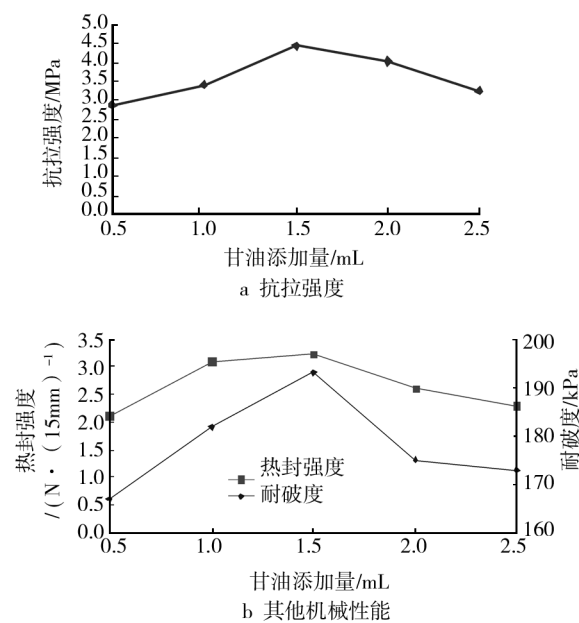


图4 甘油添加量对膜性能的影响

Fig. 4 Effect of glycerin amount on film performance

加量的增加,热封强度和耐破度上升趋势明显,那是因为甘油增加了膜的柔软性,使热封性能和抗破损性能变好,当甘油量超过 1.5 mL 时,耐破度快速变低,那是因为甘油削弱了分子间作用力,使膜的致密性变差。因此确定甘油添加量为 1.5 mL。

2.5 正交试验研究

以膜的抗拉强度为主要指标,在单因素实验基础上,以绿豆芽浆料、羧甲基纤维素、海藻酸钠及甘油的添加量对膜抗拉强度的影响进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,并综合考虑各因素对成膜性的影响,确定出因素水平表见表 1,实验结果见表 2。

通过极差分析可知,各因素对膜抗拉强度影响的主次顺序为绿豆芽浆料>羧甲基纤维素>甘油>海藻酸钠,A 因素显著为主要因素,B,C,D 因素为次要因素。理论最佳组合为 $A_2B_2C_2D_2$ 或 $A_2B_3C_1D_2$,按照这

表 1 正交试验因素水平

Tab.1 Table of orthogonal experiment

因素	A 绿豆芽	B 羧甲基	C 海藻酸钠	D 甘油
水平	浆料/g	纤维素/g	/g	/ mL
1	15.0	1.0	1.4	1.0
2	20.0	1.5	1.8	1.5
3	25.0	2.0	2.2	2.0

表 2 正交试验结果

Tab.2 Result of the orthogonal experiment

试验号	A 绿豆芽浆料	B CMC	C 海藻酸钠	D 甘油	抗拉强度 /MPa
1	1	1	1	1	2.21
2	1	2	2	2	3.87
3	1	3	3	3	3.47
4	2	1	2	3	4.37
5	2	2	3	1	4.64
6	2	3	1	2	4.89
7	3	1	3	2	3.62
8	3	2	1	3	4.21
9	3	3	2	1	4.11
K_1	3.183	3.400	3.770	3.653	
K_2	4.633	4.240	4.117	4.127	
K_3	3.980	4.157	3.910	4.017	
R	1.450	0.840	0.347	0.474	

两个组合分别进行 3 组成膜试验,测定抗拉强度,结果显示 $A_2B_2C_2D_2$ 的抗拉强度高于 $A_2B_3C_1D_2$ 组,即各因素的添加量为豆芽浆料 20.0 g,羧甲基纤维素 1.5 g,海藻酸钠添加量 1.8 g,甘油添 1.5 mL 时抗拉强度最高。

2.6 性能测定

按照最佳方案进行 3 次成膜试验,测定其机械性能及其他性能,结果见表 3。

表 3 薄膜各项性能

Tab.3 Performance table of the film

序号	厚度 /mm	抗拉强度 /MPa	耐破度 /kPa	热封强度 $/(N \cdot 15 mm)^{-1}$	溶解时间 /s	透湿系数 $/(g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1})$	透气量 $(CO_2)/(cm^3 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1} \cdot (101.325 kPa)^{-1})$	透气量 $(O_2)/(cm^3 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1} \cdot (101.325 kPa)^{-1})$
1	0.182	4.86	198	3.45	35	435.77	856.959	551.256
2	0.184	4.90	189	3.37	36	432.68	871.345	576.784
3	0.183	4.89	191	3.43	36	431.87	846.675	548.972
平均值	0.183	4.88	193	3.42	36	433.44	858.326	559.004

3 结论

制备绿豆芽可食性包装膜最佳工艺参数:原料添加量为 20.0 g,羧甲基纤维素添加量为 1.5 g,海藻酸钠添加量为 1.8 g,甘油添加量为 1.5 mL。

绿豆芽可食性复合膜具有优良的性能,厚度为 0.183 mm,抗拉强度为 4.88 MPa,耐破度为 193 kPa,热封强度为 3.42 N/(15.0mm),溶解时间为 36 s,透湿系数为 433.44 g/(m²·d),CO₂ 透气量为 858.326 cm³/(m²·d·101.325 kPa),O₂ 透气量为 559.004 cm³/(m²·d·101.325 kPa)。

绿豆芽可食性膜应用于食品内包装中,是一种强化营养、绿色环保、方便食用的新型包装材料,必将得到更广泛的应用。

参考文献:

- [1] 卞雪,曹龙奎.马铃薯薯渣制备可食性内包装膜技术研究[J].包装工程,2010,31(1):47-50.
BIAN Xue, CAO Long-kui. Study of Preparation Technology of Edible Packaging Film with Potato Dregs[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1):47-50.
- [2] 周期年.吃豆芽助长寿[J].江苏调味副食品,2008(3):39.
ZHAO Qi-nian. Jiangsu Condiment and Subsidiary[J]. Jiangsu Seasoning Food, 2008(3):39.
- [3] 子雷.中老年人多吃绿豆芽对健康有益[J].药物与人,2007(11):44.
ZI Lei. The Advantage is that the Elderly Eat Mung Bean

- Sprouts[J]. Medicine & People, 2007(11):44.
- [4] 潘保永,崔碧铃.黄酮类化合物对癌细胞周期的影响及诱导癌细胞凋亡的作用[J].卫生职业教育,2005,23(11):82-83.
PAN Bao-yong, CUI Bi-ling. Tumor Cell Cycle and Its Molecular Mechanism Progress and Promoting Cancer Cell Apoptosis[J]. Health Vocational Education, 2005, 23(11):82-83.
- [5] 郝一生.豆芽菜;益寿菜[J].湖南农机,2006(8).(余不详)
HAO Yi-sheng. Bean Sprouts; Longevity Dish[J]. Hunan Agricultural Machinery, 2006(8).
- [6] GB/T 6672—2001,塑料薄膜和薄片厚度测定[S].
GB/T 6672—2001, Plastic Film Thickness Measurement [S].
- [7] 潘旭琳,卞雪,曹龙奎.豆渣可食性膜的制备及性能研究[J].包装工程,2011,32(11):34-37.
PAN Xu-lin, BIAN Xue, CAO Long-kui. Preparation and Performance of Soybean Residue Edible Film[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(11):34-37.
- [8] DHALL R K. Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2012, 53(3):435-450.
- [9] 张华江,迟玉杰,夏宁,等.可食性大豆复合蛋白膜的研究[J].食品与发酵工业,2008(9):73-77.
ZHANG Hua-jiang, CHI Yu-jie, XIA Ning, et al. Study on Edible Film from Soy Isolated Protein[J]. Food and Fermentation Industries, 2008(9):73-77.
- [10] 张素华,时爱华,葛庆丰,等.蔬菜纸加工技术参数研究[J].食品科学,2002,23(7):87-92.
ZHANG Su-hua, SHI Ai-hua, GE Qing-feng, et al. Study on Optimum Technological Parameters of Vegetable Sheets Processing[J]. Food Science, 2002, 23(7):87-92.