研究论文

DOI:10.3969/j.issn. 1673–1689.2018.10.014

可食性西瓜皮基膜制备与性能分析

吴贺君， 胡 彪， 董知韵， 卢梦瑶， 彭巧梅， 张志清

（四川农业大学 食品学院，四川 雅安 625000）

摘要：为促进果蔬加工副产物的资源化利用，以西瓜皮为基材，添加海藻酸钠为增稠剂，甘油为增塑剂，采用流延法制备了可食性西瓜皮基膜。研究了西瓜皮浆料质量分数、海藻酸钠和甘油的添加量对膜感官品质、拉伸性能和阻隔性能的影响。结果表明：制备可食性西瓜皮基膜的最佳配方为西瓜皮浆料质量分数 55%，海藻酸钠质量分数 0.35%，甘油体积分数 0.20%，此时膜的综合性能最佳，感官品质得分为 90 分，其他主要性能指标为厚度 0.072 mm，抗拉强度 18.09 MPa，断裂伸长率 18.92 %，水蒸气透过系数 3.068×10^{-12} (g·cm)/(cm^2·s·Pa)，氧气透过系数 4.042×10^{-17} (cm^3·cm)/(cm^2·s·Pa)。利用西瓜皮可制备综合性能良好的可食性膜，用于食品包装等领域。

关键词：西瓜皮；可食性膜；感官品质；拉伸性能；阻隔性能

中图分类号：TS 206.4　**文献标志码**：A　**文章编号**：1673—1689(2018)10—1091—08

Preparation and Properties Analysis of Edible Watermelon Rind Based Film

WU Hejun， *HU Biao*， *DONG Zhiyun*， *LU Mengyao*， *PENG Qiaomei*， *ZHANG Zhiqing*

（College of Food Science，Sichuan Agricultural University，Ya′an 625000，China）

Abstract：In order to recycle by-products of fruit and vegetable，watermelon rind was used to prepare edible film with sodium alginate as thickener and glycerol as plasticizer via flow-casting method. The effects of the content of watermelon rind，sodium alginate and glycerol on the sensory qualities，tensile properties and barrier properties of the films were investigated. The results showed that the optimal formula to prepare edible watermelon rind based films was 55% watermelon rind (w/w)，0.35% sodium alginate (w/w) and 0.20% glycerol (v/v). At this optimal formula，the comprehensive performance of the edible film is 90 point in sensory qualities，0.072 mm in thickness (T)，18.09 MPa in tensile strength (TS)，18.92 % in elongation at break (E)，3.068×10^{-12} g·cm/cm^2·s·Pa in water vapor permeability (WVP) and 4.042×10^{-17} cm^3·cm/cm^2·s·Pa in oxygen permeability (OP)，respectively. Moreover，the edible watermelon rind based films could prolong shelf life of figs to some degree，which have potential applications such as keep-fresh packages for fruits and vegetables.

Keywords：watermelon rind，edible film，sensory qualities，tensile properties，barrier properties

收稿日期：2016–07–24

基金项目：四川省教育厅自然科学基金项目(16ZB0057)；高分子材料工程国家重点实验室开放课题基金项目(sklpme 2014–4–34)；国家级大学生创新创业训练计划项目(201510626012)；四川省大学生创新创业训练计划项目(201610626005)。

作者简介：吴贺君(1985—)，男，福建漳州人，副教授，工学博士，主要从事食品包装材料与技术开发与应用研究。E–mail:hejunwu520@163.com

引用本文：吴贺君，胡彪，董知韵，等. 可食性西瓜皮基膜制备与性能分析[J]. 食品与生物技术学报，2018，37(10)：1091–1098.

随着人们对食品安全的日益重视和环保意识的不断增强,可食性包装因能缓解塑料包装可能产生的食品污染及其废弃物造成的“白色污染”等问题,正逐渐成为食品工业和包装领域科技发展的新趋势[1-9]。果蔬膜是以水果和蔬菜等天然农副产品为基材,添加合适的助剂(如增稠剂和增塑剂等)制成的兼具可食和包装两种功能的绿色环保包装材料[10]。我国是果蔬生产大国,但由于“重采前轻采后”使得果蔬附加值较低[11]。当下国家对农副产品精深加工的发展给予了极大支持,果蔬膜作为环境友好的可食性包装材料,不仅能促进果蔬深加工以解决果蔬滞销、积压、浪费等问题,又能拓宽可食性包装种类以减轻塑料包装对环境的污染[12-13]。

目前国内外研究者已报道采用苹果、桃子、香蕉、胡萝卜、白菜和南瓜等新鲜果蔬为基材研制可食性果蔬膜[14-18]。MCHUGH 等[14]以苹果为基材、添加植物油、抗坏血酸和柠檬酸为助剂制备了苹果膜,将这种膜包装新鲜苹果切片并于 5 ℃储藏,发现 12 d 后的苹果片的风味仍然良好。王新伟等[16]以胡萝卜为基材,以羧甲基纤维素(carboxymethyl cellulose,CMC)、玉米淀粉、明胶为助剂制备了胡萝卜膜,其阻氧性能较佳,阻湿能力和机械强度适中,可应用在食品包装领域。除此之外,果蔬加工副产物如豆渣、马铃薯渣等也被用于制备可食性膜[6,19]。潘旭琳等[6]以豆渣为原料,海藻酸钠和 CMC 为成膜剂,甘油为增塑剂,制备了综合性能良好的可食性豆渣膜,在最优配方下所制备的豆渣膜的抗张强度为 8.27 MPa,且具有一定的阻氧阻湿性,有望作为一种绿色环保的新型包装材料,应用于食品内包装中。从可持续发展的角度来看,以果蔬加工副产物为原料比直接利用新鲜果蔬制备可食性膜更具经济效益,同时也有利于资源的循环利用和环境保护。

我国西瓜年产量达 5 000 万 t 以上,其中瓜瓤被鲜食与加工利用多,而瓜皮通常被随意丢弃,给环境卫生造成不良影响[20]。但研究表明[20-21],西瓜皮含有粗纤维、果胶、维生素 C、瓜氨酸、黄酮和钾元素,因此兼具营养食用价值和药用价值。目前对西瓜皮的利用除用作饲料、简单堆肥外,还包括将其用于制备果脯、泡菜等食材或提取其中的果胶、黄酮等成分[20-23]。但受到市场需求或提取率的限制,目前这些加工方法显然不能有效地回收数量巨大的废弃西瓜皮。而西瓜皮含有的粗纤维、果胶等成分是制备可食性膜的良好基质。作者直接利用西瓜皮为基材,添加海藻酸钠作为增稠剂,甘油为增塑剂,制备可食性西瓜皮基膜,主要研究了西瓜皮浆料质量分数、海藻酸钠和甘油添加量对所得膜的感官品质、抗拉强度和断裂伸长率等机械性能、以及水蒸气透过系数、氧气透过系数等阻隔性能的影响,得到了制备可食性西瓜皮基膜的最佳配方,以期为西瓜皮等果蔬加工副产物的高附加值利用提供理论指导和实验参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

西瓜:品种为京欣一号,市售。

1.2 仪器与设备

AUX-20A 型全营养果蔬调理机:佛山市海迅电器有限公司产品;FJ-200-SH 型数显高速分散均质机:上海标准模型厂产品;SHB-Ⅲ型循环水式真空泵:巩义市英裕华科仪器厂产品;CS101 型电热鼓风干燥箱:重庆试验备制造厂产品;HWS-150 型恒温恒湿箱:上海精宏实验设备有限公司产品;148-121 型螺旋测微器:郑州中天实验仪器有限公司产品;W3/031 型水蒸气透过率测试仪、VAC-V1 型压差法气体渗透仪:济南兰光机电技术有限公司产品;TA.XIPlus 型物性测试仪:超技仪器公司产品;玻璃成膜器:模腔尺寸为 20 cm×50 cm×0.5 cm,自制。

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备与处理 样品制备工艺流程见图 1,具体过程如下:选择新鲜、成熟、无腐烂的西瓜,用自来水洗净后去掉全部红色果肉得到西瓜皮,再用去离子水浸泡清洗后将其切成约 1 cm×1 cm 的小块。将西瓜皮小块置于质量分数为 2%的碳酸氢钠溶液在 85 ℃下烫漂约 2 min,捞起沥干、冷却备用。将沥干后的西瓜皮加入相应配比的水高速打浆 8~10 min 至糊泥状后加入称量好的助剂,在常温常压下于均质机中以速率14 000 r/min 均质 5 min,重复 3 次,得到均匀浆料,再于常温、真空度为-0.095 MPa 下脱气以除去溶解在浆料中的气泡,将脱气后的浆料静置 10 min,每次取 300 mL 浆料流延至成膜器表面,于 60 ℃热风干燥 4~5 h,最后将干燥后的半成品拿出,室温下晾置,小心揭膜得到成品,置于温度为(23±1) ℃、相对湿度为(50±1)%的恒温恒湿箱中平衡 48 h 备用。

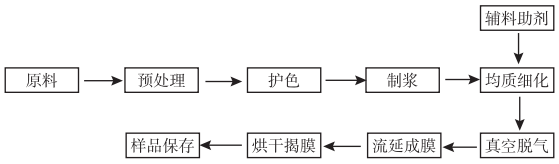


图 1　可食性西瓜皮基膜制备工艺流程

Fig. 1　Preparation process diagram of edible watermelon rind based film

1.3.2　试验设计

1)单因素试验设计　以西瓜皮浆料质量分数、海藻酸钠质量分数、甘油体积分数 3 个因素进行单因素试验,各因素 5 水平,重复 3 次试验。试验水平如下:西瓜皮浆料质量分数:40%、50%、60%、70%、80%;海藻酸钠质量分数(以西瓜皮浆料质量计):0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%;甘油体积分数(以西瓜皮浆料体积计):0.05%、0.15%、0.25%、0.35%、0.45%;探究一个因素变化对膜综合性能影响时,其他因素添加量设定为西瓜皮浆料质量分数 60%,海藻酸钠质量分数 0.30%,甘油体积分数 0.25%,干燥参数不变。

2)正交试验设计　根据单因素试验结果,选择西瓜皮浆料质量分数(A),海藻酸钠质量分数(B),甘油体积分数(C)为试验因子,以膜的抗拉强度(tensile strength,TS)为优选指标,进行 3 因素 3 水平的正交试验(如表 1)。

表 1　正交试验因素水平表

Table 1　Factors and levels of the orthogonal test

水平	西瓜皮浆料质量分数/% A	海藻酸钠质量分数/% B	甘油体积分数/% C
1	55	0.25	0.20
2	60	0.30	0.25
3	65	0.35	0.30

1.3.3　性能测试指标与方法

1)感官品质　从成膜性、表面状态、色泽、口感等方面评价样品的感官品质,测定各项时分别占 30、30、20、20 分,找 10 名评价员进行评分,取平均值,感官评定具体标准见表 2。膜的感官得分在 85 分以上,认为其感官品质好;得分在 70~85 范围内,认为感官品质良好;得分低于 70 的则认为感官品质差。

表 2　感官评价标准

Table 2　Criterion of sensory evaluation

项目	标准	分值	总分
成膜性	成膜完整,无碎片,易揭起	26–30	30
	成膜完整,少量碎片,易揭起	20–25	
	成膜不完整,碎片多,难揭膜	10–20	
表面状态	表面光滑,厚薄均匀,无微粒感	26–20	30
	表面较光滑,厚薄均匀,有些许微粒感	16–25	
	表面粗糙,裂纹孔洞多,厚薄不均匀,微粒感多	10–15	
色泽	颜色为竹绿色,且色泽均匀一致	16–20	20
	颜色为淡黄绿色,且色泽较为接近	6–15	
	颜色偏黄,且色泽不均	1–5	
口感	入口稍经咀嚼即溶化,无胶质感,口感好	16–20	20
	入口易咀嚼溶化,略有胶质感,口感较好	6–15	
	入口难咀嚼溶化,胶质感明显,口感差	1–5	

2)厚度　用螺旋测微器在膜表面随机测量 5 个点,取平均值,厚度单位为 mm。

3)抗拉强度　参考《GB/T1040.3–2006 塑料 拉伸性能的测定第三部分》的方法,使用物性测定仪测定。实验试样尺寸为 80 mm×15 mm,初始间距为 40 mm,拉伸速率 60 mm/min,每组做 6 个平行试样,抗拉强度单位为 MPa。

$$R_m=\frac{F}{S}$$

式中:R_m 为抗拉强度;F 为试样断裂时承受的最大张力,N;S 为试样横截面积,mm^2。

4)断裂伸长率　参考《GB/T1040.3–2006 塑料拉伸性能的测定第三部分》的方法,测量抗拉强度时同步得到数据进行计算。

$$A=(\frac{L-L_0}{L_0})\times 100\%$$

式中:A 为断裂伸长率,%;L_0 为试样测试前的长度,mm;L 为试样在断裂时的长度,mm。

5)水蒸气透过系数　按照《GB/T1037—1988 塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法(杯式法)》及《GB/T 16928—1997 包装材料试验方法中透湿率的测定原理》。试样面积 33 cm^2,以水蒸气透过率测试仪配套软件计算得到水蒸气透过系数。

6)氧气透过系数　按照《GB/T 1038—2000 塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法压差法》,用压差法气体渗透仪测定。试验气体是纯度为 99 %的氧气,试样测试透过总面积为 115.44 cm^2,测试结束

后仪器显示试样氧气透过系数。

7)数据处理　以 SPSS 20.0 软件处理试验得到的数据,每个数值取值为测量值的平均值并取正负标准偏差。正交试验结果采用正交设计助手 II 3.1 进行分析。

1.3.4 *包装应用研究*　将新鲜采摘、无机械损伤、无病虫害、大小和成熟相近的无花果随机分成 2 组:第 1 组为空白对照组,不做任何处理,室内裸露储存;第 2 组为西瓜皮基膜密封包装实验组;试验期设为 5 d, 结束时随机挑选各组中的样品进行失重率的测定,并观察其颜色、硬度等表面状态变化以简单评价其保鲜效果。其中对于无花果失重率的测定,采用称重法,即分别测量无花果的原始质量和放置一定时间后的质量,然后按照下式计算其失重率:

$$失重率(\%)=(\frac{W_0-W}{W_0})\times 100\%$$

式中:W_0 为样品的初始质量,g;W 为每次测定时样品的质量,g。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 *西瓜皮浆料质量分数对膜性能的影响*　由表 3 可知,可食性西瓜皮基膜感官品质随着西瓜皮浆料质量分数的增加先上升后下降,在 60%处感官品质最佳。西瓜皮是成膜的主要基质,实验发现当其浆料质量分数太小时,因黏度小易流延得到完整的膜,但膜厚度较薄、色泽不均,且不易揭起,食用时入口易咀嚼溶化;质量分数高于 60%时其黏度增大,流动性变差,但仍能得到完整、色泽均一的膜,不过膜的表面略为粗糙,同时因纤维含量高导致膜的食用口感较差。随着西瓜皮质量分数的增加,膜的 TS 和 E 都先增大后减小, 在浆料质量分数为 60%时, 膜具有较好的拉伸性能,TS 和 E 分别达到 17.15 MPa 和 17.43%;WVP 和 OP 先降低后升高,其中 OP 的变化更为显著, 总体而言在浆料质量分数为 60%~70%时,膜具有较好的阻隔性能。

表 3　西瓜皮浆料质量分数对膜性能的影响

Table 3　Effects of watermelon rind content on film properties

浆料质量分数/%	感官得分	厚度/mm	拉伸强度 TS/MPa	断裂伸长率 E/%	水蒸气透过系数 MVP/($\times10^{-12}$g·cm·cm^{-2}·s^{-1}·Pa^{-1})	氧气透过系数, OP/($\times10^{-17}$cm^3·cm·cm^{-2}·s^{-1}·Pa^{-1})
40	79	0.060±0.008^e	9.43±0.919^c	16.81±0.902^b	2.921±0.057^b	7.550±0.097^a
50	84	0.068±0.004^d	9.69±0.863^c	21.92±1.653^a	2.915±0.100^b	7.505±0.184^a
60	92	0.074±0.005^c	17.15±1.639^a	17.43±0.742^b	2.864±0.098^b	3.896±0.065^b
70	90	0.083±0.003^b	13.94±1.418^b	15.23±0.313^b	2.869±0.339^b	2.068±0.489^c
80	89	0.090±0.007^a	10.46±1.317^c	16.31±1.048^b	3.303±0.183^a	7.225±0.238^a

西瓜皮含有的粗纤维、果胶、多糖等是成膜的主要大分子组分,它们之间形成的氢键等分子间相互作用是膜具备一定刚性和韧性的基础条件 [15],故当浆料质量分数增大时, 各组分间相互作用增强,使得 TS 和 E 逐渐增大;但当质量分数过高时,浆料过于粘稠使得流延时流动性下降,同时纤维等过量也会导致团聚问题,对膜的整体均匀性和结构完整性造成不利影响,因此强度和延展性又会变差。西瓜皮基质与增稠剂的结合使得膜的结构更加致密,因此随着浆料质量分数的增加,WVP 和 OP 降低,即膜的整体阻隔性能增强; 但浆料质量分数过大时,上述相同原因对膜结构致密性和完整性的破坏同样会造成膜的阻隔性能降低[18]。综上,西瓜皮浆料质量分数在 60%左右较宜。

2.1.2 *海藻酸钠质量分数对膜性能的影响*　不同海藻酸钠的质量分数对膜性能的影响结果见表 4。由表可看出,可食性西瓜皮基膜感官品质得分随着海藻酸钠添加量的增加先增大后减小, 在 0.30%处感官品质得分最高。海藻酸钠作为增稠剂,适量的添加能够提高浆料的黏稠度,在不对膜厚产生较大影响的同时使膜结构更加致密、强度更好,但海藻酸钠质量分数达到 0.50%时浆料变得十分黏稠,膜质地变硬变脆、小范围颜色变黄,揭膜产生少量碎片,且食用难以咀嚼,口感较差。随着海藻含量的增加,膜的 TS 和 E 先升高后降低,当海藻酸钠质量分数为 0.30 %时,膜的拉伸性能相对最好;此外,海藻酸钠的添加使膜的 WVP 和 OP 总体上呈增大的趋势,且 OP 的变化更为明显。海藻酸钠加入到浆料中

表 4　海藻酸钠质量分数对膜性能的影响

Table 4　Effects of sodium alginate content on film properties

浆料质量分数/%	感官得分	厚度/mm	拉伸强度 TS/MPa	断裂伸长率 *E*/%	水蒸气透过系数 MVP/($\times10^{-12}$ (g·cm·cm^{-2}·s^{-1}·Pa^{-1}))	氧气透过系数, OP/($\times10^{-17}$ (cm^3·cm·cm^{-2}·s^{-1}·Pa^{-1}))
0.10	82	0.072±0.005^a	10.63±0.965d	16.53±0.228^b	2.504±0.157^c	2.668±0.238^c
0.20	85	0.073±0.006^a	13.02±0.803^c	16.91±1.065^b	3.392±0.207^a	3.324±0.647^d
0.30	92	0.074±0.005^a	17.15±1.639^a	17.43±0.742^b	2.864±0.098^b	3.896±0.065^c
0.40	89	0.073±0.012^a	15.44±0.670^b	21.01±2.491^a	3.320±0.104^a	4.130±0.083^b
0.50	81	0.078±0.004^a	15.02±0.783^b	18.30±2.243^b	3.337±0.060^a	5.408±0.219^a

起增稠作用能够使干燥后的膜网络结构更加均匀致密，且它的多羟基长分子链结构可与其他大分子链间进行氢键结合而使分子间相互作用增强[15]，故当海藻酸钠质量分数增加时，TS 和 *E* 都增大；但过多的海藻酸钠会使成型浆料过于黏稠而不易脱气，在烘干后的膜中留下气孔成为缺陷，拉伸时容易因应力集中而导致断裂因此力学性能降低[24]。海藻酸钠是一种亲水性物质，其含量增加即亲水基团数目增多，一般而言会导致膜的 WVP 增大，但特别值得一提的是当其质量分数为 0.30%时，膜的 WVP 却是降低的，说明其阻湿性反而变好，这是由于在该质量分数下海藻酸钠使膜的结构更为致密，在一定程度上增强了膜的阻湿性，同时该效应强于海藻酸钠质量分数增加对膜亲水性的影响。而对 OP 而言，据文献报道[18,25]，当海藻酸钠质量分数超过 0.1%时，膜内主要形成分子内氢键而非分子间氢键，这会导致膜主要组分间发生相分离，故膜的阻氧性能降低，即 OP 不断增大。综上，海藻酸钠质量分数在 0.30%左右为宜。

2.1.3　甘油体积分数对膜性能的影响　增塑剂甘油能够改善成膜性，适当添加能使得膜的完整性、强度和柔韧性均较好，而过量则会使膜的粘性、表面油性增大，不利于保存和测试。不同甘油体积分数对膜性能的影响结果如表 5 所示，可见西瓜皮基包装膜感官品质得分随甘油浓度的增加先增大后减小，在 0.25 %处感官品质最好。甘油体积分数太少时揭膜稍有困难，所得的膜柔韧性较差，表面无光泽，食用时无明显胶质感；甘油体积分数超过 0.25%时虽成膜较好，膜的表面状态和色泽都较佳，但其粘性明显增大，食用品质相应下降。随着甘油体积分数的增加，膜的 TS 先升高后降低，*E* 一直增大，当甘油体积分数为 0.25 %时，膜的抗拉能力较强；WVP 和 OP 总体呈上升趋势，且 OP 增加较为明显。这是由于在适当含量下增塑剂甘油与西瓜皮基质、增稠剂海藻酸钠等成膜组分间具有良好的相容性使得膜致密度稍有提高，所产生的协同效应明显的改善了膜的抗拉强度[24]；另一方面甘油分子能够进入西瓜皮基质的大分子之间，从而削弱了它们之间的相互作用，软化了薄膜的刚性结构，使膜变得柔软，韧性得到了提高[26]。甘油是亲水性小分子，它的添加阻碍了大分子间氢键等相互作用的形成，不利于膜形成均匀立体的网状结构，从而使膜结构变得疏松，阻隔性能变差，故 WVP 和 OP 上升[27-28]。综上，甘油体积分数在 0.25%左右为宜。

2.2　正交试验

由单因素试验结果可知，总体而言膜具有较好的感官品质和阻湿阻气性能，且同因素不同水平下膜的阻隔性能基本处于同一数量级之下，变化较小。再者，近年来可食性膜被研究较多而其实际用作包装膜却较少，其中一个主要原因就是可食性膜的力学强度还不满足机械化包装的要求。因此，以膜的抗拉强度为正交试验的优选指标，正交试验结

表 5　甘油体积分数对膜性能的影响

Table 5　Effects of glycerol content on film properties

甘油体积分数/%	感官得分	厚度/mm	拉伸强度 TS/MPa	断裂伸长率 *E*/%	水蒸气透过系数 MVP/($\times10^{-12}$(g·cm·cm^{-2}·s^{-1}·Pa^{-1}))	氧气透过系数, OP/($\times10^{-17}$(cm^3·cm·cm^{-2}·s^{-1}·Pa^{-1}))
0.05	80	0.071±0.004^a	14.61±0.053^b	12.99±2.924^c	3.076±0.010^b	1.539±0.164^c
0.15	86	0.072±0.002^a	14.96±2.023^{ab}	14.71±2.175^{bc}	3.138±0.149^b	2.088±0.148^c
0.25	92	0.074±0.005^a	17.15±1.639^a	17.43±0.742^{ab}	2.864±0.098^b	3.896±0.065^b
0.35	88	0.074±0.000^a	14.34±0.344^b	17.94±1.611^{ab}	3.174±0.131^b	3.652±0.307^b
0.45	84	0.074±0.000^a	10.92±1.329^c	19.32±0.430^a	3.998±0.310^a	5.000±0.263^a

果与极差分析见表 6,方差分析见表 7。

由表 6 极差分析结果可知,影响膜抗拉强度的因素主次顺序依次为:海藻酸钠质量分数、西瓜皮浆料浓度、甘油体积分数。以抗拉强度高为优选指标时,最优配方组合为 $A_1B_3C_1$,即西瓜皮浆料体积分数 55%,海藻酸钠质量分数 0.35%,甘油体积分数 0.20%。由表 7 可知,方差分析结果与极差一致,西瓜皮浆料体积分数和海藻酸钠质量分数对膜的抗拉强度影响达到显著水平,甘油体积分数对膜的抗拉强度影响不显著。

表 6 正交试验结果

Table 6 Results of orthogonal test

	西瓜皮浆料质量分数 A/%	海藻酸钠质量分数 B/%	甘油体积分数 C/%	空列	拉伸强度 TS/MPa
1	1(55)	1(0.25)	1(0.20)	1	13.45
2	1	2(0.30)	2(0.25)	2	14.80
3	1	3(0.35)	3(0.30)	3	17.59
4	2(60)	1	2	3	10.09
5	2	2	3	1	11.87
6	2	3	1	2	14.95
7	3(65)	1	3	2	10.42
8	3	2	1	3	13.63
9	3	3	2	1	14.40
K_1	15.280	11.320	14.010	13.240	
K_2	12.303	13.433	13.097	13.390	
K_3	12.817	15.647	13.293	13.770	
极差 R	2.977	4.327	0.913	0.530	
最优水平	A_1	B_3	C_1		
主次因素	$B > A > C$				
最优组合	$A_1B_3C_1$				

表 7 方差分析表

Table 7 Analysis of variance

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
A	15.192	2	33.911	19	*
B	28.085	2	62.690	19	*
C	1.386	2	3.094	19	
误差	0.45	2			

注:* 表示影响显著(P<0.05)

通过验证试验,此最优配方组合下所制备的膜如图 2(a) 所示,其色泽均匀鲜绿、外观平整光滑,测得该膜的 TS 为 18.09 MPa,与预期结果相符合,其余主要性能指标为:感官品质得分为 90 分,厚度为0.072 mm,E 为 18.92 %,WVP 为 3.068×10^{-12} (g·cm)/(cm²·s·Pa),OP 为 4.042×10^{-17} (cm³·cm)/(cm²·s·Pa)。

西瓜皮基膜在无花果保鲜中的应用结果如图 2(b)所示。可见在 5 d 的试验期结束时,空白对照组的无花果的表面已软化皱缩,测得其失重率约为 8.62%,同时颜色也发生褐变,切开后果肉微有酸味且存在局部腐烂现象,已失去其食用价值和商业价值。而西瓜皮基膜包装实验组的无花果总体上仍显得较为饱满,测得失重率较低约为 4.68%,且颜色红润,切开后果肉并未发现腐烂,可初步证明西瓜皮基膜对无花果具有良好的包装保鲜效果。这主要是因为西瓜皮基膜具有较好的阻气、阻湿性能,会在一定程度上对无花果呼吸有的抑制作用,并减缓其中水分等的流失,达到保鲜的效果。



(a)西瓜皮基膜 (b)无花果包装保鲜效果对照(5 d)

图 2 可食性西瓜皮基膜及其对无花果的保鲜效果的数码照片

Fig. 2 Digital picture of edible watermelon rind based film and its application in the preservation of fig

3 结 语

利用废弃西瓜皮制备可食性膜,得到了最佳的制备配方为西瓜皮浆料质量分数 55%,海藻酸钠质量分数 0.35%,甘油体积分数 0.20%。在此最佳配方下制备的膜综合性能较好,其感官品质得分为 90 分,厚度为 0.072 mm,抗拉强度高达 18.09 MPa,断裂伸长率为 18.92%,水蒸气透过系数为 3.068×10^{-12} (g·cm)/(cm²·s·Pa),氧气透过系数为 4.042×10^{-17} (cm³·cm)/(cm²·s·Pa);同时其颜色鲜绿、外观平滑,在室温下对无花果具有一定的包装保鲜效果。可见,以西瓜皮这一具有代表性的果蔬加工副产物为基材所的制备可食性西瓜皮基膜具有良好的感官品质、力学性能和阻隔性能,有望作为一种无毒无害且能生物降解的绿色包装材料。

参考文献:

[1] NAYIK G A,MAJID I,KUMAR V. Developments in edible films and coatings for the extension of shelf life of fresh fruits[J]. **American Journal of Nutrition and Food Science**,2015,2(1):16-20.

[2] WANG Hongxia,DING Keyi,LIU Jun. Analysis studie on the structure and application of pectinchitosan-konjacgum composite membrane[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2015,34(4):407-412.(in Chinese)

[3] LI Jianrong,ZHU Danshi. Research progress of new postharvest technology on fruits and vegetables[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2012,31(4):337-347.(in Chinese)

[4] FALGUERA V,QUINTERO J P,JIMENEZA,et al. Edible films and coatings:structures,active functions and trends in their use [J]. **Trends in Food Science & Technology**,2011,22(6):292-303.

[5] LI Fang,ZHANG Min. Studies on color-protecting of vegetable paper with air dehydrated *Brassica parachinensis* [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2007,26(4):6-10.(in Chinese)

[6] PAN Xulin,BIAN Xue,CAO Longkui. Soybean residue edible film preparation and performance study [J]. **Packaging Engineering**,2011,32(11):34-37.(in Chinese)

[7] DING Keyi,LIU Jun,ELEANOR M B,et al. Edible films prepared from microbial transglutaminase modified gelatins[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2006,25(4):1-4.(in Chinese)

[8] LI Hui,LU Lixin,WANG Liqiang. Structure and properties of sodium alginate-sodium carboxymethylcellulose-gelatin compound film[J]. **Food Science**,2010,31(5):91-95.(in Chinese)

[9] LI Fang,ZHANG Min. Studies on shape-forming technology of vegetable paper based on the AD *Brassica parachinensis* [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2008,27(2):30-34.(in Chinese)

[10] WANG Xinwei,SUN Xiuxiu,HE Lianbin,et al. Research progress on edible fruit-vegetable film [J]. **Journal of Agricultural Science and Technology**,2010,12(3):34-38.(in Chinese)

[11] PENG Hairong. Development of fruit,vegetable deep-processing of china[J]. **China Food**,2015(7):76-78.(in Chinese)

[12] ZHANG Suhua,SHI Aihua,GE Qinfeng,et al. Research on processing technology parameter of vegetables paper [J]. **Food Science**,2002,23(7):87-92.(in Chinese)

[13] DHALL R K. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables:a review [J]. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**,2013,53(5):435-450.

[14] MCHUGH T H,HUXSOLL C C,KROCHTA J M. Permeability properties of fruit puree edible films [J]. **Journal of Food Science**,1996,61(1):88-91.

[15] SOTHORNVIT R,PITAK N. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films[J]. **Food Research International**,2007,40(3):365-370.

[16] WANG X,SUN X,LIU H,et al. Barrier and mechanical properties of carrot puree films [J]. **Food & Bioproducts Processing**,2011,89(2):149-156.

[17] GUO Yuhua,TENG Lijun,HUANG Zhen. A primary exploration of cabbage packaging paper [J]. **Food Science and Technology**,2010,35(1):109-111.(in Chinese)

[18] WANG Xiaoxuan,ZHOU Jing,SUI Siyao,et al. The development and characterization of edible pumpkin wrappers[J]. **Food and Fermentation Industries**,2014,40(5):166-170.(in Chinese)

[19] CAO Longkui,BIAN Xue. Preparation and microstructure analysis of edible film of potato pulp [J]. **Packaging Engineering**,2010,31(19):32-35.(in Chinese)

[20] ZHANG Yanmin,HAN Wenfeng,QIU Po,et al. Comprehensive utilization of watermelon skin [J]. **Storage & Process**,2009,9(4):49-52.(in Chinese)

[21] YE Hua,LU Aili. Research and development of preserved watermelon peel [J]. **Hubei Agricultural Sciences**,2011,50(10):2092-2095.(in Chinese)

[22] SIMONNE A,CARTER M,FELLERS R,et al. Chemical,physical and sensory characterization of watermelon rind pickles[J]. **Journal of Food Processing & Preservation**,2007,26(6):415-431.

[23] ZHANG Lu,WANG Fangfang,XIAN Mengyao,et al. Study on process of extracting pectin from watermelon hull [J]. **The Beverage Industry**,2013,16(1):22-24.(in Chinese)

[24] DENG Jing,TAN xinghe,LIU Yuhua,et al. Influence of plasticizers and cross linkers on properties of sodium alginate ilm[J]. **Food Rsearch and Development**,2010,31(10):18-21.(in Chinese)
[25] WANG Xinwei,LIU Huan,MA Zhongsu. The properties of chitosan-corn starch-gelatin-carrot edible films [J]. **Journal of Jilin Uiversity(Engineering and Technology Edition)**,2011,41(3):887-892.(in Chinese)
[26] RAZAVI S M A,AMINI A M,Zahedi Y. Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum:Influence of plasticiser type and concentration[J]. **Food Hydrocolloids**,2015,43(43):290-298.
[27] BERTUZZI M A,VIDAURRE E F C,Armada M,et al. Water vapor permeability of edible starch based films [J]. **Journal of Food Engineering**,2007,80(3):972-978.
[28] LU Xingchi,DENG Fangming,XIAO Qian. Effects of drying condition and plasticizers on barrier properties of alginate-CMC blends film[J]. **Food & Machinery**,2014(6):102-107.(in Chinese)

科　技　信　息

澳新批准聚山梨醇酯 20 作为加工肉及肉制品和加工鱼及鱼制品的乳化剂

据澳新食品标准局(FSANZ)消息,2018 年 9 月 20 日,澳新食品标准局发布 A1137 号申请,批准聚山梨醇酯 20 作为乳化剂用于加工肉及肉制品和加工鱼及鱼制品。据了解,本次申请由 Earlee Products Pty Ltd 提出。

澳新食品标准局经过评估认为, 山梨醇酯 20 作为乳化剂用于拟议目的的评估没有发现公共卫生和安全问题,最高许可水平为 500 mg/kg。

[信息来源]厦门 WTO 工作站. 欧盟评估食品接触材料中通用塑料再生过程的安全性 [EB/OL]. (2018-9-25). http://www.xmtbt-sps.gov.cn

欧盟允许焦木馏分作为食品用香料

2018 年 9 月 19 日,据欧盟官方公报消息,欧盟委员会发布法规(EU) 2018/1246,对欧盟议会和理事会条例(EC) No 1334/2008 附件 I 进行修订,允许焦木馏分作为食品用香料用于传统型饮料 tuzemák 和 tuzemsky ,在供消费者食用的最终销售包装产品中焦木馏分的最大限量为 3 800 mg/L。该法规自官方公报发布之日后 20 日生效。

[信息来源]厦门 WTO 工作站. 欧盟允许焦木馏分作为食品用香料 [EB/OL]. (2018-9-20). http://www.xmtbt-sps.gov.cn

美国拟批准维生素 D2 蘑菇粉作为营养补充剂在特定食品中的使用

2018 年 9 月 18 日,据美国联邦公报消息,美国环保署发布条例,拟批准维生素 D2 蘑菇粉作为营养补充剂在特定食品中的使用。

2018 年 7 月 16 日, Oakshire Naturals LP 提交申请,请求修改食品添加剂法规,在特定食品中使用维生素 D2 蘑菇粉作为营养补充剂。

根据《联邦食品、药品与化妆品法案》(第 409(b)(5)节)(美国法典第 21 篇第 348(b)(5)节),美国 FDA 发布通知,允许安全使用维生素 D 2 蘑菇粉直接添加到供人类食用的食品中,蘑菇粉是将均质食用菌暴露于紫外线下而制成的, 作为以下食品中的营养补充:(1) 根据 21 CFR 184.1950、172.379、172.380 和 172.381, 目前允许添加维生素 D2、维生素 D3 和维生素 D2 面包酵母的食品(不包括奶酪和奶酪产品,用于肠内营养的唯一营养来源的食品,婴儿配方奶粉,牛奶和奶制品以及人造黄油);(2)水果冰沙;(3)蔬菜汁;(4)膨化蔬菜零食;(5)汤和汤混合物(美国农业部根据《联邦肉类检验法》或《家禽产品检验法》监管的肉类或家禽除外。);(6)21 CFR 170.3(n)(33)中定义的植物蛋白产品。

[信息来源]食品伙伴网. 美国拟批准维生素 D2 蘑菇粉作为营养补充剂在特定食品中的使用[EB/OL]. (2018-9-19). http://news.foodmate.net/2018/09/485505.html