

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.02.013

文章编号:2095-6002(2019)02-0088-06

引用格式:董宇豪,陈浩,刘世永,等.甜菜果胶-鱼明胶复合可食膜的制备及特性研究[J].食品科学技术学报,2019,37(2):88-93.



DONG Yuhao, CHEN Hao, LIU Shiyong, et al. Preparation and properties of sugar beet pectin-fish gelation edible composite film[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(2):88-93.

甜菜果胶-鱼明胶复合可食膜的制备及特性研究

董宇豪¹, 陈浩^{1,2,*}, 刘世永³, 吴锦焯¹, 吴志宇¹

(1. 山东大学(威海)海洋学院, 山东威海 264209;

2. 北京工商大学北京食品营养与人类健康高精尖创新中心, 北京 100048;

3. 威海海洋职业学院食品工程系, 山东威海 264300)

摘要:以甜菜果胶及鱼明胶2种生物大分子为基材,以0.03 g/mL甘油为增塑剂,制备甜菜果胶-鱼明胶复合可食膜,分析不同鱼明胶添加量对于复合膜的含水量、水蒸气透过率、溶解性、透光性、外观色差、机械性能及抑菌活性的影响。研究表明,随着鱼明胶添加量的增加(0.01~0.05 g/mL),复合膜的溶解率由95.43%降至66.20%,透光率显著提高;且当鱼明胶添加量为0.02 g/mL时,复合膜含水量为24.52%,水蒸气透过率为 $10.41 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})^{-1}$,抗拉强度为3.09 N,表现出较优的性能;与单一膜相比,复合膜的抗拉强度均有所改善。因此,实验表明甜菜果胶-鱼明胶复合膜在应用于新型包装材料方面具有良好潜力。

关键词:复合可食膜;甜菜果胶;鱼明胶;阻隔性能;机械性能

中图分类号: TS201.7; TS206.4

文献标志码: A

可食膜是以天然可食性物质为原料制得的具有多孔网络结构的可降解性薄膜^[1],常用的制备材料包括海藻酸钠、大豆分离蛋白(SPI)、羧甲基纤维素钠(CMC)等。

鱼明胶(fish gelatin, FG)是由鱼皮、鱼骨中胶原经部分水解获得的多肽类物质,具有良好的成膜性,但是机械和阻隔性能仍有待提高^[2]。为了更加高效的利用鱼明胶,需要对其进行改性处理。郑雅文等^[3]通过添加谷氨酰胺转氨酶(TG)增加了明胶膜的韧性和阻隔性;胡熠等^[4]和Wu等^[5]分别将香豆素和姜黄素加入鱼明胶中使其膜的抗氧化能力显著提高。甜菜果胶(sugar beet pectin, SBP)是从榨糖后的甜菜粕中提取制得的。与一般

果胶不同,其含有疏水性的乙酰基,可提高乳化性能;另外,甜菜果胶中含有蛋白质成分,是一种多糖-蛋白质复合物,其中的蛋白质与果胶发生共价交联作用^[6]。

蛋白质和多糖常用于研究生物大分子之间的复合凝聚作用,二者之间通过氢键、静电作用、范德华力、疏水相互作用等结合,蛋白和多糖相互作用是一种控制食品结构、质构特性和稳定性的有效手段。目前有很多对于二者凝聚物的研究,但将二者制备成可食膜的研究甚少,因此,研究利用鱼明胶较优的成膜性及甜菜果胶较强的乳化性,制备双网络复合膜,研究不同配比下复合膜的性能,以期食品包装行业提供研究借鉴。

收稿日期:2018-06-27

基金项目:北京食品营养与人类健康高精尖创新中心开放基金资助项目(20171014);山东省自然科学基金资助项目(ZR201702130053);中国博士后科学基金资助项目(2017M612281);中国博士后科学基金特别资助项目(2018T110693)。

第一作者:董宇豪,女,本科生,研究方向为亲水胶体理论及技术。

*通信作者:陈浩,女,讲师,博士,主要从事亲水胶体理论及技术方面的研究。

1 材料与amp;方法

1.1 原料与试剂

BL-60 鱼明胶,嘉吉亚太食品系统(北京)有限公司;甜菜果胶(摩尔质量为 $7.53 \times 10^5 \text{ g/mol}$),Herbstreith & Fox 公司;甘油(分析纯),天津市河东区红岩试剂厂;溴化钠(分析纯),天津市博迪化工有限公司;无水氯化钙(分析纯),天津市巴斯夫化工有限公司。

金黄色葡萄球菌[CMCC(B)26003]、大肠埃希氏菌[ATCC25922],上海鲁微科技有限公司。

1.2 仪器与设备

DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;KQ-300B 型超声波清洗器,江苏省昆山市超声仪器有限公司;NR110 型精密色差仪,深圳市三恩驰科技有限公司;LDZM-60KCS-II 型立式压力蒸汽灭菌器,上海申安医疗器械厂;FLC-3 型超净工作台,哈尔滨市东联公司;GI7-2 型恒温培养箱,美国 SHELLAB 制造股份有限公司;SHB-III G 型台式循环水式多用真空泵,郑州长城科工贸有限公司;T6 型新世纪紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司。

1.3 实验方法

1.3.1 复合膜的制备

称取一定质量的 SBP 与 FG 溶于去离子水中,磁力搅拌 5 h 使样品充分溶解(见表 1)。加入甘油,在 $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 下水浴 20 min 使二者充分反应。搅拌后用超声波清洗仪处理 20 min 后,置于密封的干燥皿中进行真空抽滤泵脱气 30 min。脱气后取 10 g 膜液倒入直径为 90 mm 的聚乙烯培养皿中,放入烘箱($50 \text{ }^\circ\text{C}$)中干燥 6 h。将制备好的可食膜放入盛有饱和 KBr 溶液的干燥皿(RH 60%,室温)中保存 24 h 以上,成膜后揭膜测定各项性能^[7]。

表 1 甜菜果胶-鱼明胶复合可食膜配方表

Tab. 1 Formula form of SBP-FG composite edible film

样品编号	10^{-2} g/mL		
	$\rho(\text{SBP})$	$\rho(\text{FG})$	$\rho(\text{甘油})$
1	2.5	1	3
2	2.5	2	3
3	2.5	3	3
4	2.5	4	3
5	2.5	5	3
6	2.5	0	3

1.3.2 复合膜感官性能的测定

评价内容包括颜色、表面手感及粗糙程度、气味、拉伸韧性的简单评价^[8]。

1.3.3 复合膜含水量的测定

称量 0.3 g 左右膜样品,置于干燥至恒重的铝盒中,称量,然后放入 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱干燥至恒重^[9]。

按式(1)计算膜含水量(moisture content, MC):

$$MC = (m_2 - m_3) / m_1 \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, m_1 为膜样品质量,g; m_2 为干燥前铝盒及膜样品质量,g; m_3 为干燥后铝盒及膜样品质量,g。

1.3.4 复合膜水蒸气透过率的测定

取完好无破损的可食膜覆于装有 9 g 无水氯化钙的玻璃瓶口(直径为 10 mm),用凡士林黏合,称重。置于 RH 60% 干燥皿中平衡,4 d 后称重^[10]。

按式(2)计算可食膜的水蒸气透过率(water vapor permeability, WVP):

$$WVP = \Delta m d / A t \Delta P \quad (2)$$

式(2)中,WVP 为水蒸气透过率, $\text{g} \cdot (\text{m} \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})^{-1}$; Δm 为玻璃瓶质量增加量,g; d 为膜的厚度,m; A 为膜的有效透湿面积, m^2 ; t 为透湿时间,d; ΔP 为膜两侧水蒸气压力差,MPa。

1.3.5 复合膜水溶性的测定

称量 1 g 左右膜样品,浸没于 100 mL 去离子水中溶解 24 h,用滤纸过滤后,将滤纸置于玻璃培养皿内, $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中干燥 6 h 至恒重后称重^[11]。

膜溶解率 Q 的计算见式(3)。

$$Q = 1 - (m_2 - m_0) / m_1 \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中, m_0 为过滤前滤纸质量,g; m_1 为膜样品质量,g; m_2 为干燥后滤纸质量,g。

1.3.6 复合膜吸光度的测定

将膜样品剪裁成 $50 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 大小,贴于比色皿器壁上。在 $300 \sim 800 \text{ nm}$ 波长下以空白比色皿为对照进行全波长扫描,测量吸光度数值。

1.3.7 复合膜外观及色差值的测定

将样品剪成 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 的正方形,置于一张印满字母“A”的 A4 纸上,拍照比较其外观。白板校准后,采用色差计测量其色差值。

1.3.8 复合膜机械性能的测定

采用 Universal TA 型质构仪,使用的测试探头为 p/STG。将待测膜样品切割成 $40 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 。测试速度为 0.50 mm/s ,设定为拉断模式^[12]。

1.4 数据处理

每个样品设置 3 组平行,实验数据用 Excel

2010 处理,采用 SPSS 22.0 进行单因素方差分析,显著性水平为 $P < 0.05$,使用 Origin 9.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 FG 添加量对复合膜感官性能的影响

随着 FG 添加量的增加,复合膜厚度随基质浓度的增加而增加,且表面粗糙度及质地由柔软光滑逐渐变得硬且粗糙,见表 2。原因可能是当低质量浓度 FG 加入时,两基质之间发生交联作用,此时相容性较好,后随着 FG 的过量添加,二者空间结构被破坏,表现出粗糙的质地。

表 2 甜菜果胶-鱼明胶复合可食膜感官性能评价

Tab.2 Sensory performance of SBP-FG composite edible film

样品编号	厚度等级	气味	颜色等级	表面粗糙度	质地
1	1	果香味	1	最光滑	最柔软
2	2	果香味	2	较光滑	较柔软
3	3	果香味	3	略微粗糙	较硬
4	4	果香味	4	略微粗糙	较硬
5	5	果香味	5	较粗糙	最硬

厚度等级和颜色等级均用阿拉伯数字表示,数字越大,表示其厚度越大或颜色越深。

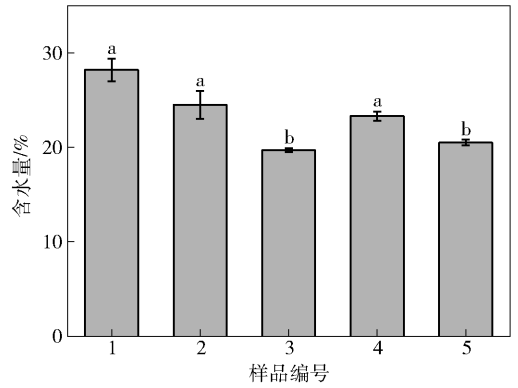
2.2 FG 添加量对复合膜含水量的影响

含水量是可食膜一项重要特征,可在一定程度上反映膜内部 FG 和 SBP 的相互作用。随着 FG 添加量进一步升高,复合膜 MC 大体呈先下降后上升的趋势,见图 1。当 FG 添加量为 0.01 g/mL 时,MC 最大为 28.20%,当 FG 添加量为 0.03 g/mL 时,MC 降至最低值 19.75%。复合膜含水量整体较高,这是由于水分子与基质官能团之间具有较强的氢键作用。

分析原因可能是:SBP 含有亲水基团,可与水作用形成氢键,提高自身持水性能;另外,FG 为亲水性物质,加入后必然增大系统亲水能力。但当 FG 质量浓度升高时,可能影响 SBP 分子舒展,导致其持水能力下降^[13]。此外,不同 FG 添加量的混合膜液 pH 值有差异,实验中没有对 pH 值进行控制,因此,不同的 pH 值可能会对复合膜性能产生影响^[14]。

2.3 FG 添加量对复合膜水蒸气透过率的影响

WVP 对食品包装的质量具有重要意义,是阻隔特性的重要指标之一。膜的 WVP 越低,代表其保鲜效果越好。当 FG 添加量为 0.04 g/mL 时,复合膜 WVP 最低为 $9.40 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})^{-1}$,说明此时膜对水的阻隔性能最强;FG 添加量为 0.05 g/mL 的复合



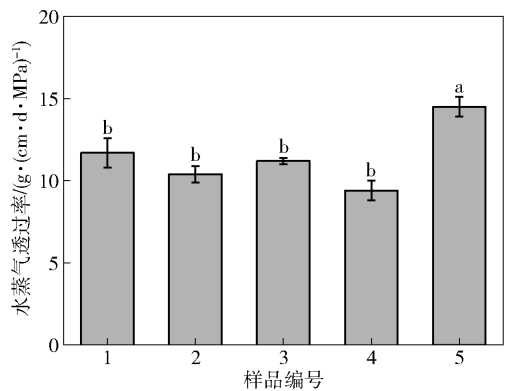
不同小写字母代表差异显著。

图 1 FG 添加量与复合膜含水量的关系

Fig.1 Effect of FG concentration on moisture content of composite films

膜 WVP 最高为 $14.50 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})^{-1}$ (见图 2)。

分析原因可能是:1) 适量 FG 的添加填充了果胶分子间的间隙,使复合膜结构更加紧密,增加了水分子的扩散路径,使水分子更难通过复合膜基质^[15]。2) 过量 FG 的加入,使 SBP 分子不能充分舒展,形成的网络结构不够致密,WVP 升高,阻隔性能降低^[16]。由此推断当 $m(\text{SBP})/m(\text{FG})$ 为 2.5:4 时,复合膜阻隔性能最佳。



小写字母不同代表差异显著。

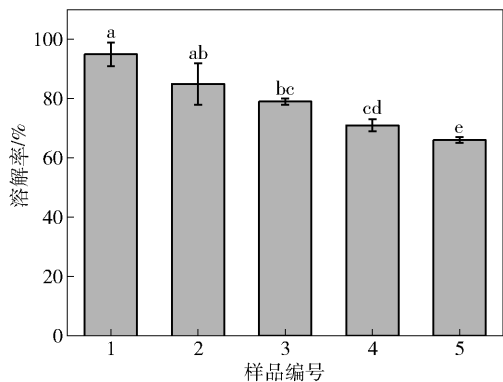
图 2 FG 添加量与复合膜水蒸气透过率的关系

Fig.2 Effect of FG concentration on water vapor permeability of composite films

2.4 FG 添加量对复合膜水溶性的影响

在实际可食性膜应用中,复合膜溶解率越低,其总体保鲜效果越好。复合膜溶解率随 FG 添加量的增加而降低(66.20% ~ 95.43%),其中 FG 添加量为 0.05 g/mL 时溶解率最低为 66.20% (见图 3)。

分析原因可能是:1) 加入 FG 后,两基质之间形成的静电复合物增加,分子链伸展,暴露出更多的亲水基团,水溶性增加。2) 当 FG 浓度进一步升高,分



小写字母不同代表差异显著。

图3 FG添加量与复合膜溶解率的关系

Fig. 3 Effect of FG concentration on solubility of composite films

子间作用力越大,越难溶于水。

2.5 FG添加量对复合膜透光率的影响

吸光度反映光被吸收程度,吸光度越高,透光性能越差。对样品进行全波长扫描,结果如图4。200~400 nm处为紫外光区,吸光度越高,抗紫外线能力越强,此后为可见光区,吸光度越低,说明其透光性越好。由图4可见,复合膜样品在紫外光区有较高的吸光度,随着波长的增大,吸光度降低,后趋于稳定并处于较低数值。其中,FG添加量为0.05 g/mL的复合膜吸光度相对较低,说明其透明度较好。

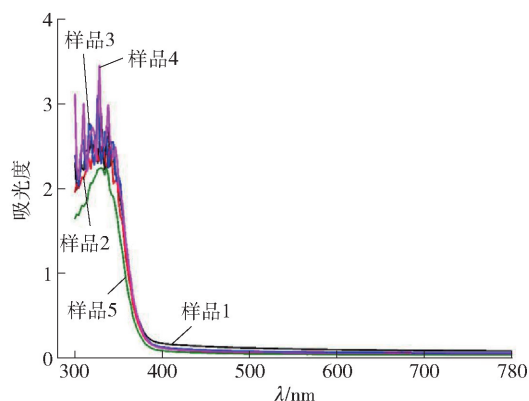


图4 FG添加量与复合膜吸光度的关系

Fig. 4 Effect of FG concentration on absorbance of composite films

总体上,所有复合膜样品在可见光区的吸光值均在0.5以下,说明其透光性较好,即透明度高;而在紫外光区的吸光度均较高,说明复合膜样品均具有良好的阻隔紫外线的能力,可以起到对食品原料的保护作用。这与 Fakhreddin 等^[17]的研究结果一致,原因可能是鱼明胶含有大量的芳香族氨基酸,能

够吸收紫外线^[2]。随着FG含量的增加,复合膜的吸光度逐渐降低,这可能是因为FG分子表面能够散射光线,减少紫外线和可见光通过薄膜的传输。此外,透射比是衡量复合膜相容性的有效指标^[18],复合膜基质间相容性越好,透光率越高。

2.6 FG添加量对复合膜外观及色差的影响

利用相机在自然光照条件下对5组复合膜样品进行对比拍照,以SBP单一膜为对照,结果如图5。通过肉眼观察发现制得的复合膜表面光滑,且呈现良好的均一性。总体来看,透过各个样品观察到背景字母都比较清晰,透明度都比较好。但随FG添加量的增加,颜色逐渐加深,且所有膜样品透明度均较高,与2.5吸光度结果一致。

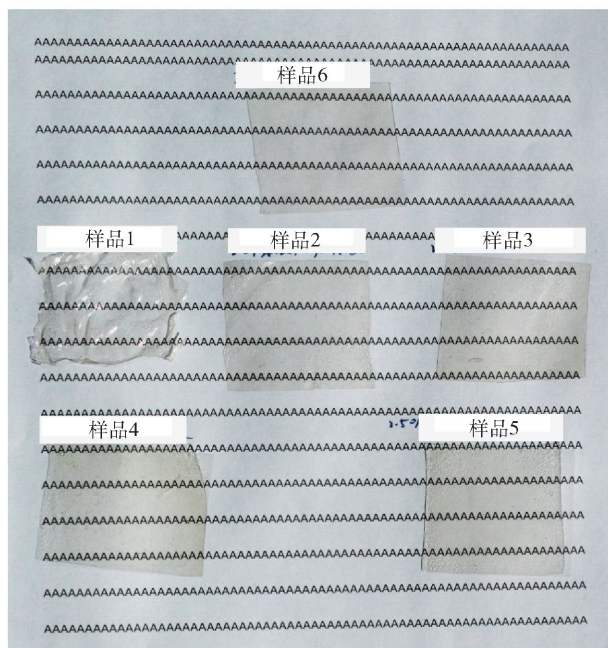


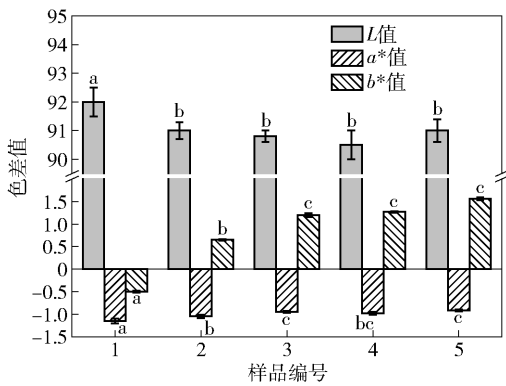
图5 FG添加量与复合膜外观的关系

Fig. 5 Effect of FG concentration on appearance of composite films

利用色差仪测量膜样品的L值(明暗/亮度)、a*值(红绿色差)、b*值(黄蓝色差),结果见图6。随着FG添加量的升高,复合膜的L值下降,即膜的亮度降低,其中FG添加量为0.01 g/mL时的L值最高为92.36。由a*值及b*值结果可见,复合膜样品整体颜色偏黄绿色,且随着FG添加量的增加,膜样品黄色加深,分析原因可能是加热过程中SBP和FG分子间发生羰基化反应生成褐色物质^[19]。

2.7 FG添加量对复合膜机械性能的影响

抗拉强度(TS)是描述膜机械性能的参数,代表外力拉扯下膜断裂的难易程度^[20]。实际应用中,TS

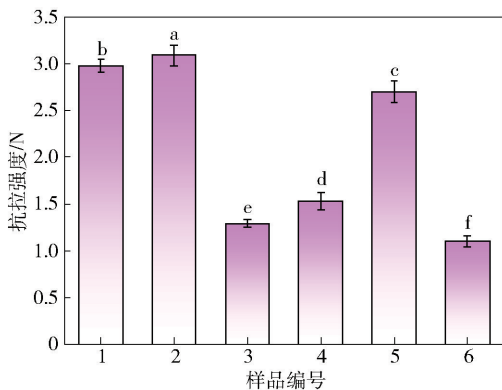


不同小写字母代表差异显著。

图6 FG添加量与复合膜色差值的关系

Fig. 6 Effect of FG concentration on chromatism of composite films

越高,复合膜抵抗外力的能力越强,越有利于保持其完整性。所有复合膜样品的TS均大于SBP单一膜,见图7。原因可能是相较于单网络结构膜,复合膜两基质之间形成稳定的网络结构,网络结构越紧密,其所能承受的形变程度越高,即抗拉强度会随之提高^[21]。复合膜样品中,FG添加量为0.01、0.02 g/mL的膜样品其TS均在2.94 N以上,可用作干果或调味品等食品的内包装^[22]。而FG添加量为0.03 g/mL的膜样品TS最低为1.29 N,此后随着FG含量的增加,TS逐渐升高。



样品编号6表示SBP单一膜样品的机械性能测定结果;不同小写字母代表差异显著。

图7 FG添加量与复合膜抗拉强度的关系

Fig. 7 Effect of FG concentration on tensile strength of composite films

分析其原因可能是:1) SBP分子中含有蛋白质成分,当加入少量鱼明胶分子后,两基质之间发生交联作用,形成稳定的网络结构,抗拉强度较高。2) 当FG添加量为0.03 g/mL时,过量蛋白质导致致密网络结构被破坏,抗拉强度降低。3) FG添加量继

续升高,蛋白之间相互作用较强,从而使复合膜的机械性能得到提高^[23]。双网络复合膜的机械强度显著增加的结果表明,甜菜果胶和鱼明胶交联后结构更加稳定,对可食膜抗拉强度的增强有重要作用。与2.2节对含水量测试的结果一致。

3 结论

1) SBP-FG复合膜的含水量、水蒸气透过率、溶解性、透光性、外观特征及机械性能与两基质的质量浓度密切相关。

2) 复合膜含水量及抗拉强度随FG添加量的升高呈现先下降后升高的趋势,表现出低质量浓度FG的复合膜两基质间具有良好的相容性,空间网络结构紧密。

3) 随着FG添加量的增加,膜的溶解性和吸光度降低,说明高FG添加量的复合膜表现出较好的抗水性及透光能力。

4) 从持水能力、阻隔及机械性能来看,FG添加量为0.02 g/mL的复合膜性能最优,从透光性来看,各个配比的复合膜相差不大,均具有良好的阻隔紫外光的能力及可见光透光性,其中以FG添加量为0.05 g/mL的复合膜较优。综合比较, $m(\text{SBP}):m(\text{FG})=2.5:2$ 为优化的复合膜配比,其含水量为24.52%,水蒸气透过率为 $10.41 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})^{-1}$,抗拉强度为3.09 N,较适合干燥食品的保存。

探讨了甜菜果胶-鱼明胶复合膜各项生物学特性,基质间具体作用机理有待进一步研究。

参考文献:

- [1] ABDEL A M S, SALAMA H E, SABAA M W. Biobased alginate/castor oil edible films for active food packaging[J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 96: 455-460.
- [2] 郭开红,张蕾蕾,吴晓翠,等. 鲢鱼皮明胶-海藻酸钠复合膜的制备与性能[J]. 食品科学, 2018, 39(7): 243-248. GUO K H, ZHANG L L, WU X C, et al. Preparation and properties of silver carp skin gelatin-sodium alginate composite films[J]. Food Science, 2018, 39(7): 243-248.
- [3] 郑雅爻,马月,罗永康,等. 鲢鱼皮明胶提取方法和谷氨酰胺转氨酶改性对明胶结构和膜性能的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(19): 92-99. ZHENG Y Y, MA Y, LUO Y K, et al. Effect of extraction methods and transglutaminase modification on film properties and structure of gelatin[J]. Food Science, 2017, 38(19): 92-99.

- [4] 胡熠,周伟,唐艳,等. 香豆素对鱼鳞明胶可食性膜结构及性能的影响[J]. 食品科学,2018(12):112-118.
HU Y, ZHOU W, TANG Y, et al. Effect of coumarin on structure and properties of fish scale gelatin edible film [J]. Food Science, 2018(12):112-118.
- [5] WU J L, SUN X Y, GUO X B, et al. Physicochemical, antioxidant, *in vitro* release, and heat sealing properties of fish gelatin films incorporated with beta-cyclodextrin/curcumin complexes for apple juice preservation [J]. Food and Bioprocess Technology, 2018, 11(2):447-461.
- [6] 陈浩,张凯华,刘世永,等. 甜菜果胶乳化活性及稳定性[J]. 食品科学,2018,39(1):65-72.
CHEN H, ZHANG K H, LIU S Y, et al. Emulsifying activity and stability of sugar beet pectin [J]. Food Science, 2018, 39(1):65-72.
- [7] MUSSO Y S, SALGADO P R, MAURI A D N. Smart edible films based on gelatin and curcumin [J]. Food Hydrocolloids, 2017, 66:8-15.
- [8] 梁志,王春晓. 鱼鳞制备的可食用膜性能测定[J]. 现代农业科技,2012(22):273.
LIANG Z, WANG C X. Performance determination of edible film from fish scale [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2012(22):273.
- [9] 林伟静,刘红芝,石爱民,等. 木糖接枝改性温度对花生蛋白膜物理性质的影响[J]. 中国食品学报,2016,16(11):76-82.
LIN W J, LIU H Z, SHI A M, et al. Effect of xylose's grafting temperature on the physical properties of peanut protein film [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016,16(11):76-82.
- [10] ARFAT Y A, AHMED J, HIREMATH N, et al. Thermo-mechanical, rheological, structural and antimicrobial properties of bionanocomposite films based on fish skin gelatin and silver-copper nanoparticles [J]. Food Hydrocolloids, 2017, 62:191-202.
- [11] GE L M, LI X Y, ZHANG R, et al. Development and characterization of dialdehyde xanthan gum crosslinked gelatin based edible films incorporated with amino-functionalized montmorillonite [J]. Food Hydrocolloids, 2015, 51(2):129-135.
- [12] NEŠIĆ A, ONJIA A, DAVIDOVIĆ S, et al. Design of pectin-sodium alginate based films for potential healthcare application: study of chemico-physical interactions between the components of films and assessment of their antimicrobial activity [J]. Carbohydrate Polymers, 2017,157:981-990.
- [13] LOPEZ DE D C, RODRIGUEZ F, GUARDA A, et al. Antioxidant films based on cross-linked methyl cellulose and native Chilean berry for food packaging applications [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 136:1052-1060.
- [14] 李玉辉. 甜菜果胶与明胶的复合凝聚及其在微胶囊中的应用[D]. 武汉:湖北工业大学,2013.
- [15] 丁俊升,王稳航,陈文东,等. 纳米植物炭黑对明胶膜理化性质及抗紫外特性的影响[J]. 食品科学,2017,38(13):263-268.
DING J S, WANG W H, CHEN W D, et al. Impact of nano vegetable carbon black on physicochemical properties and UV resistance of gelatin film [J]. Food Science, 2017,38(13):263-268.
- [16] SUN H, SHAO X, MA Z. Effect of incorporation nanocrystalline corn straw cellulose and polyethylene glycol on properties of biodegradable films [J]. Journal of Food Science, 2016, 81(10):2529-2537.
- [17] FAKHREDDIN H S, REZAEI M, ZANDI M, et al. Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films [J]. Food Chemistry, 2013, 136:1490-1495.
- [18] 陈丽,李八方,赵雪,等. 可食性狭鳕鱼皮明胶-褐藻胶复合膜的性质与结构表征[J]. 食品工业科技,2009,30(10):275-278.
CHEN L, LI B F, ZHAO X, et al. Property and structure of the edible walleye pollock skin gelatin/alginate composite films [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009,30(10):275-278.
- [19] CRUZ-ZUNIGA J M, SOTO-VALDEZ H, PERALTA E, et al. Development of an antioxidant biomaterial by promoting the deglycosylation of rutin to isoquercetin and quercetin [J]. Food Chemistry, 2016, 204:420-426.
- [20] 高贵贤,王稳航. 基于分子交联的蛋白膜性能改良技术的研究进展[J]. 食品科学,2017,38(9):280-286.
GAO G X, WANG W H. Recent progress in technologies for the improvement of protein-based film performance based on molecular cross-linking [J]. Food Science, 2017,38(9):280-286.
- [21] LEE M H, KIM S Y, PARK H J. Effect of halloysite nanoclay on the physical, mechanical, and antioxidant properties of chitosan films incorporated with clove essential oil [J]. Food Hydrocolloids, 2018, 84:58-67.
- [22] 高翔. 多糖可食用包装膜的制备与应用研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2013.
- [23] LAN X H, LIU P, XIA S Q, et al. Temperature effect on the non-volatile compounds of Maillard reaction products derived from xylose-soybean peptide system: further insights into thermal degradation and cross-linking [J]. Food Chemistry, 2010,120(4):967-972.

were analyzed, along with commercially available potato flakes as a control. In this study, based on the properties of rheology, cooking, and texture, effects of potato raw materials on the quality of fresh wet noodles were investigated with wheat flour as a control. The results showed that compared with three different types of potato flour, the raw flour with lower gelatinization degrees and blue values had better cell integrity, and the gluten force of the mixed dough of raw flour and wheat flour was stronger which could decrease the rate of breaking and boiling loss. The noodles made by raw flour and wheat flour had better sensory evaluation, lower rate of adhesiveness, and higher rate of hardness, cohesiveness, springiness, gumminess, and chewiness, which quality was much closer to the wheat flour noodles. Therefore, the raw flour was more suitable for processing potato fresh wet noodles. Comparing with three different varieties of potato flour, it was found that Shabbetti was more suitable as raw material for potato fresh wet noodles. Types of potato flour had more effects on the quality of fresh wet noodles compared with varieties of potato, but varieties of potato also had significant effects on the quality of fresh wet noodles. Therefore, it also had certain reference significance to study the applicability of fresh wet noodles processed among different varieties for improving the quality of potato fresh wet noodles.

Keywords: potato flour; varieties of potato; types of potato; fresh wet noodles; properties of rheology; properties of cooking; properties of texture

(责任编辑:叶红波)

(上接第93页)

Preparation and Properties of Sugar Beet Pectin-Fish Gelation Edible Composite Film

DONG Yuhao¹, CHEN Hao^{1,2,*}, LIU Shiyong³, WU Jinye¹, WU Zhiyu¹

(1. Marine College, Shandong University (Weihai), Weihai 264209, China;

2. Beijing Advanced Innovation Center for Food Nutrition and Human Health, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;

3. Department of Food Engineering, Weihai Ocean Vocational College, Weihai 264300, China)

Abstract: Sugar beet pectin (SBP) and fish gelatin (FG) were adopted to prepare the composite film. Glycerol (0.03 g/mL) was supplied as the plasticizer. Meanwhile, the effects of different ratios of SBP to FG on moisture content, water vapor permeability, solubility, absorbancy, chromatism values, tensile strength and antibacterial activity of composite films were investigated. With the increasing concentrations of sugar beet pectin (0.01 ~ 0.05 g/mL), the solubility of the composite film decreased from 95.43% to 66.20%, while the light transmittance increased remarkably. The moisture content, water vapor permeability and tensile strength of composite film ($\rho(\text{SBP}) = 0.02 \text{ g/mL}$) were 24.52%, 10.41 $\text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})^{-1}$ and 3.09 N respectively, which showed relatively great properties. Therefore, this study suggested that SBP-FG complex film has good potential to be used as novel material for edible packaging applications.

Keywords: composite edible film; sugar beet pectin; fish gelatin; barrier property; mechanical properties

(责任编辑:张逸群)