

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2014.01.004

TG-B 改性大豆蛋白 / 聚乙烯醇复合薄膜研究

滑艳稳¹, 申亚倩¹, 陈志周^{1,2}, 安永超¹

(1. 河北农业大学 食品科技学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省农产品加工工程技术研究中心, 河北 保定 071000)

摘要: 为了提高大豆蛋白 / 聚乙烯醇复合薄膜的综合性能, 以薄膜的拉伸强度、断裂伸长率、透光率、吸水率为主要评价指标, 通过引入隶属度函数综合评价薄膜性能, 研究了谷氨酰胺转氨酶 TG-B 对大豆蛋白 / 聚乙烯醇复合薄膜性能的影响。试验结果表明: TG-B 的添加质量分数、反应 pH、成膜温度对薄膜性能的影响较大, 当 TG-B 的添加质量分数为 1.0%, 反应 pH 值为 6.0, 成膜温度为 50 °C 时, 大豆蛋白 / 聚乙烯醇复合薄膜的综合性能最优; 在此条件下, 薄膜的抗张强度、断裂伸长率、透光率和吸水率分别为 8.26 MPa, 53.80%, 16.23% 和 67.76%, 与未添加 TG-B 的空白对照相比, 其抗张强度、断裂伸长率、透光率分别提高了 75.4%, 162.9%, 27.2%, 吸水率降低了 25.6%。

关键词: TG-B; 大豆蛋白; 聚乙烯醇; 性能

中图分类号: TQ325.9

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2014)01-0016-06

The Study on Soy Protein/Polyvinyl Alcohol Composite Films Modified by TG-B

Hua Yanwen¹, Shen Yaqian¹, Chen Zhizhou^{1,2}, An Yongchao¹

(1. College of Food Science and Technology, Agriculture University of Hebei, Baoding Hebei 071000, China;

2. Engineering Research Center for Agriculture Products of Hebei Province, Baoding Hebei 071000, China)

Abstract: To improve the comprehensive properties of soy protein/polyvinyl alcohol films, the effects of reducing agents on the properties of the films were studied. The tensile strength, elongation, transmittance and water absorption of the films were compared. Furthermore, a vague mathematics model was used to evaluate the quality of the films. The experimental results showed that the concentration of TG-B, the reaction of pH, film-forming temperature all have great influences on film properties. When the mass fraction of TG-B was 1.0%, with reaction pH of 6.0, film-forming temperature of 50 °C, soybean protein / PVA composite films had the best performance. In this condition, tensile strength, elongation, transmittance and water absorption of the film were 8.26 MPa, 53.80%, 16.23% and 67.76% respectively. Compared with the blank without adding TG-B, tensile strength, elongation, transmittance were increased by 75.4%, 162.9%, 27.2%, while water absorption of the film decreased by 25.6%.

Key words: TG-B; soy protein; polyvinyl alcohol (PVA); property

收稿日期: 2013-10-17

基金项目: 河北省科技计划基金资助项目 (10225151)

作者简介: 滑艳稳 (1989-), 女, 河北沧州人, 河北农业大学硕士生, 主要研究方向为食品包装材料与技术,

E-mail: mmhyw89@163.com

通信作者: 陈志周 (1970-), 男, 河北保定人, 河北农业大学教授, 主要从事食品包装方面的教学与研究,

E-mail: chenzhizhou2003@yahoo.com.cn

0 引言

20世纪70年代以来,塑料包装制品的盛行,导致了塑料包装废弃物量不断增大,由此带来的环境污染问题备受关注,“白色污染”给人类和动植物的生存以及生态平衡产生了严重威胁^[1-2]。与此同时,制造高分子材料的石油、天然气等矿物资源日益减少,这一资源危机问题亟待解决。因此,以天然生物可降解物质为主体制备可降解的新型包装材料,不仅能适应安全环保的发展要求和趋势,而且对于可持续发展具有极其重要的意义。

包装材料领域中研发的动植物天然可降解包装材料主要包括淀粉膜、纤维素膜、壳聚糖膜、大豆分离蛋白膜、乳清蛋白膜、胶原蛋白膜等^[1-6]。大豆蛋白是一种质优价廉的植物蛋白,其分子中存在大量氢键、疏水键和离子键等,这些化学键的相互作用使其在不需进行改性的条件下,仅加入一定量小分子增塑剂后便具有良好的成膜性能和力学性能。同时,其分子内部具有如巯基、亲水基团等活性基团,通过物理、化学或生物方法对其进行改性,可制备出一系列性能优良的新功能材料^[7]。谷氨酰胺转氨酶(glutaminetransaminase, TG)可催化蛋白质或多肽分子间共价交联,形成分子内或分子间的网状结构,进而改善蛋白质的结构和功能特性,甚至带来新的功能^[8]。由于聚乙烯醇分子内含有大量的羟基,因而可在水中溶胀或溶解,其制品在自然界中亦能被微生物完全降解或溶解。具可降解性的聚乙烯醇薄膜作为一种新型的绿色包装产品,是一种环保型包装材料,愈来愈受到人们的欢迎^[9]。

目前,关于TG对大豆分离蛋白薄膜和其他蛋白类薄膜性能影响的研究较多,但以普通大豆蛋白和聚乙烯醇复合薄膜为基料,用TG对其进行改性的研究还鲜有报道。因此,本文拟对TG-B对大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜性能的影响进行研究,以期为大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的拓展应用提供有益的理论依据。

1 试验部分

1.1 试验材料与设备

试验用材料主要包括:大豆蛋白,安阳漫天雪食品制造有限公司生产;无水乙醇、聚乙烯醇(聚合度为 1750 ± 50),分析纯,均为天津市标准科技有限公司生产;甘油、盐酸,分析纯,均为天津市天大化工实验厂生产;NaOH,分析纯,天津市北方天医化学试剂厂生产;TG-B,一鸣生物制品有限公司

生产。

试验用主要设备:HH-2数显恒温水浴锅、JJ-1精密增力电动搅拌器,均为常州国华电器有限公司生产;SHD-II循环水式多用真空泵,保定高新区阳光科教仪器厂生产;WFJ2-2000型可见分光光度计,上海优尼科仪器有限公司生产;ALC2104电子天平,上海凤凰光学科仪有限公司生产;GZX9140MBE数字鼓风干燥箱,上海博迅实业有限公司医疗设备厂生产;智能电子拉力机,济南兰光项目分析实验室生产;PHS-2C型-微机型pH计,上海康仪仪器有限公司生产;ZH-4纸与纸板厚度测定仪,长春市纸张试验机厂生产。

1.2 复合薄膜的制备与预处理

TG-B改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的制备流程如下:

1)准确称取10.5 g聚乙烯醇,加入蒸馏水定容至200 mL,然后于90℃恒温水浴中搅拌30 min。

2)准确称取7.5 g大豆蛋白,加入蒸馏水定容至200 mL,并于70℃恒温水浴中搅拌30 min;将搅拌好的聚乙烯醇溶液过滤到大豆蛋白溶液中,并加入30 mL无水乙醇进行消泡处理,然后冷却至50℃。

3)加入适量的TG-B,并定容至300 mL,且调节溶液的pH值至6.0。

4)将混合液放入50℃恒温水浴中磁力搅拌10 min,然后加入6 mL甘油,继续水浴磁力搅拌30 min;于60℃恒温水浴条件下抽真空至无气泡。

5)将所得溶液在玻璃板上进行涂膜处理,并且将涂膜置于85℃的恒温鼓风干燥箱中进行烘干处理,1 h后揭膜。

6)将揭下来的薄膜放在盛有饱和溴化钠溶液的干燥器中进行平衡处理,处理时间为24 h。

将待测薄膜分别裁切(长×宽)为:150 mm×15 mm矩形长条2个,50 mm×12 mm矩形长条6个,10 cm×10 cm方块2个,并且分别标号。裁切时将150 mm×15 mm矩形长条所在的薄膜四周保留,并对应相应的薄膜,以便通过测薄膜试样四周厚度来代表薄膜厚度,从而避免因直接测薄膜试样厚度而造成对薄膜的损伤。

1.3 薄膜性能指标的测定

1.3.1 薄膜厚度的测定

用ZH-4纸与纸板厚度测定仪,在150 mm×15 mm样品对应待测薄膜试样四周随机测10个点,取其平均值作为对应薄膜的厚度。

1.3.2 抗张强度和断裂伸长率的测定

对于薄膜抗张强度和断裂伸长率的测定,参照

GB/T 13022—1991《塑料薄膜拉伸性能试验方法》中的相关要求。具体的操作如下：将事先裁切好的试样固定在抗拉强度测定仪上，然后根据已测定的薄膜厚度（1.3.1的试验结果表明，所制备的薄膜的厚度为0.05~0.10 mm）将薄膜平均厚度设定好，试验时的拉伸速度定为400 mm/s，记录薄膜破裂时的抗拉力和膜长，再根据下式分别计算薄膜的抗张强度和断裂伸长率：

$$T_s = F \times 10^{-6} / S,$$

式中： T_s 为试样抗张强度，单位为MPa；

F 为试样断裂时承受的最大张力，单位为N；

S 为试样的截面积，单位为 m^2 。

$$E = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%.$$

式中： E 为试样断裂伸长率；

L_1 为试样断裂时的膜长，单位为m；

L_0 为膜原长，单位为m。

1.3.3 透光率的测定

选用裁切好的50 mm × 12 mm待测样品，将薄膜光面贴于比色皿表面，于650 nm波长下测定样品的透光率。每个样品取6个试样为一组，取平均值。同时，以空白比色皿作为对照，用透光率大小间接表示膜的透明度。

1.3.4 吸水率测定

对于样品吸水率的测定，参照GB/T 14207—2008《塑料吸水性的测定》中的要求进行。将事先裁切好的10 cm × 10 cm薄膜，在105℃下烘干至恒重（记为 W_0 ），记录数据；然后将薄膜置于室温下的蒸馏水中浸泡，并定期取出，用滤纸吸干薄膜表面的水分，称重（记为 W_1 ），计算薄膜的吸水率，即

$$\text{吸水率}(\%) = [(W_1 - W_0) / W_0] \times 100\%.$$

每个样品取2块膜为一组，取平均值为终值。

1.4 各物理性能的模糊综合评价

在本试验中，需要综合考虑多个物理指标来对大豆蛋白/聚乙烯醇薄膜的性能进行评价，故引入隶属度函数对薄膜的性能进行模糊综合评价。

$$X(u) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}), \quad (\text{正效应})$$

$$X(u) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}). \quad (\text{负效应})$$

式中： $X(u)$ 为待分析点的隶属度函数值；

X_i 为待分析点的数据值；

X_{\max} 为待分析点所在数据列的最大值；

X_{\min} 为待分析点所在数据列的最小值。

将膜的多个性能指标，经模糊变换成综合评价的累加加权隶属度值 $\sum X(u) \cdot Y^{[10]}$ 。其中， Y 为综合评价的权重子集。本试验中主要考虑的物理性能指标包括抗张强度、断裂伸长率、透光率和吸水率，综

合薄膜应用过程中以上4个指标对其性能影响的重要程度，确定 Y 为{0.4, 0.3, 0.1, 0.2}。其中，抗张强度、断裂伸长率和透光率为正效应，值越大代表薄膜的性能越好；吸水率为负效应，值越小代表薄膜的性能越好。待分析点的综合评价累加加权隶属度值计算式如下：

$$\sum X(u) \cdot Y = X(u_1) \times 0.4 + X(u_2) \times 0.3 + X(u_3) \times 0.1 + X(u_4) \times 0.2.$$

式中： $X(u_1)$ 为抗张强度隶属度值；

$X(u_2)$ 为断裂伸长率隶属度值；

$X(u_3)$ 为透光率隶属度值；

$X(u_4)$ 为吸水率隶属度值。

2 结果与分析

2.1 TG-B的添加质量分数对薄膜性能的影响

试验所得TG-B的添加质量分数对改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜各项性能的影响结果，如图1所示。

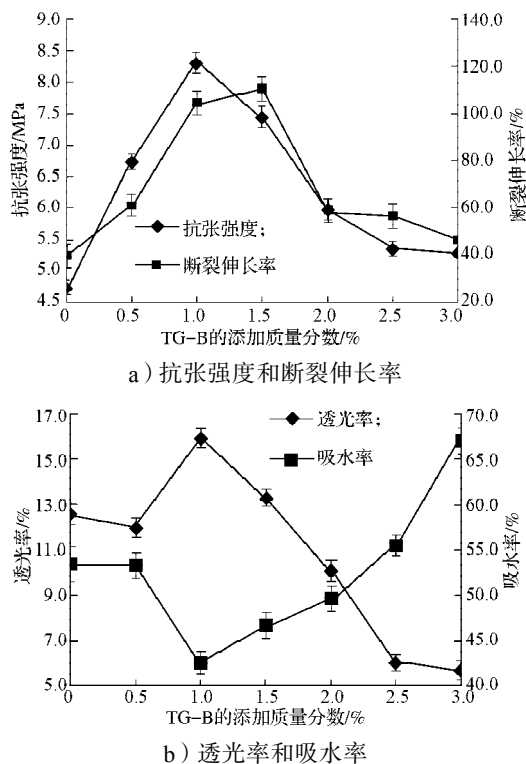


图1 TG-B的添加质量分数对薄膜性能的影响

Fig. 1 Effects of TG-B concentration on properties of the films

由图1a可以看出，随着TG-B添加质量分数的不断增大，改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的抗张强度和断裂伸长率曲线整体呈现出先上升后下降的变化趋势。

当TG-B的添加质量分数分别为1.0%和1.5%时，复合薄膜的抗张强度和断裂伸长率先后达到最大值，

与未加入 TG-B 的空白对照组相比,薄膜的抗张强度和断裂伸长率分别升高了 75.4% 和 177.8%。这可能是因为 TG-B 能促进蛋白质分子间和分子内的交联,使薄膜形成了致密均匀的网状结构,从而提高了薄膜的抗张强度和断裂伸长率。C. H. Tang 等^[11]的研究表明, TG-B 对大豆蛋白表现出较好的催化聚合能力。试验过程中,当 TG-B 的添加质量分数达到一定量后,可以清晰地看到,随着 TG-B 添加质量分数的逐渐增大,膜液逐渐变稀,出现大量白色蛋白聚沉颗粒,造成薄膜不均匀,严重影响了薄膜的抗张强度和断裂伸长率。

由图 1b 可以看出,随着 TG-B 添加质量分数的增大,改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的吸水率曲线大体呈现先下降后上升的变化趋势,而薄膜的透光率曲线整体呈现先上升后下降的变化趋势。

当 TG-B 的添加质量分数小于 1.0% 时,复合膜的吸水率逐渐减小,透光率基本呈上升趋势。当 TG-B 的添加质量分数为 1.0% 时,复合薄膜的吸水率和透光率分别达到最小值和最大值,与没有加入 TG-B 的空白对照组相比,薄膜的吸水率下降了 25.6%,而其透光率上升了 27.2%。当 TG-B 的添加质量分数大于 1.0% 时,薄膜的吸水率逐渐增加,透光率逐渐减小。吸水率的逐渐增加可能是因为 TG-B 诱导蛋白聚沉,导致原先埋藏在蛋白质内部的疏水基团暴露出来,其交联作用使得蛋白质膜的某些氨基酸残基不能够通过氢键来吸附水分^[12]。透光率减小可能是因为 TG-B 促进了蛋白质分子间和分子内的交联,使薄膜形成了致密均匀的网状结构,降低了光的散射作用。

当 TG-B 的添加质量分数大于 1.0% 时,复合薄膜的吸水率逐渐增加。试验过程中可以清晰地看到,随着 TG-B 质量分数的逐渐增大,此时大豆蛋白聚沉, PVA 成为主要的成膜物质,因而影响了薄膜的吸水率。蛋白质本身为亲水性大分子,含有较多的羟基等亲水性基团,水分子较容易与大豆蛋白分子结合。蛋白质的浓度对大豆蛋白薄膜的吸水率有着较大的影响,成膜材料本身的性质决定了薄膜的阻水性能^[12]。由于大豆蛋白的聚沉,造成了薄膜的不均匀性,从而影响了薄膜的透光率。

根据前面构造的隶属度函数,以薄膜的各添加质量分数为分析点,对其性能进行模糊综合评价,计算其综合评价累加加权隶属度值,最终确定本试验条件下 TG-B 的最佳添加质量分数为 1.0%。在此条件下,其累加加权隶属度值最大,表明复合薄膜的综合性能最佳。

姜燕等^[13]的研究结果表明,经 TG-B 改性后的

大豆分离蛋白薄膜的抗张强度与对照组相比提高了 16.7%。而本试验条件下,当 TG-B 的添加质量分数为 1.0% 时,复合薄膜的抗张强度与空白对照组相比提高了 75.4%。比对结果表明,本文设定的条件能取得更好的改性效果。

2.2 反应 pH 值对薄膜性能的影响

确定 TG-B 的添加质量分数为 1.0%, 改变反应 pH 值,以探讨反应 pH 值对 TG-B 改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜性能的影响,试验结果如图 2 所示。

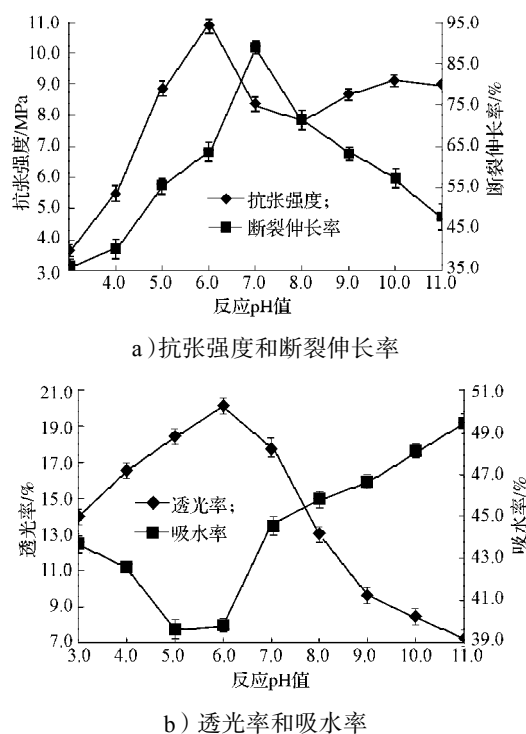


图 2 反应 pH 值对薄膜性能的影响

Fig. 2 Effects of pH on properties of the films

由图 2 可看出, TG-B 改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的抗张强度和断裂伸长率受反应 pH 值的影响较大,分别在反应 pH 值等于 6.0 和 7.0 时达最大值。TG-B 的活性在不同反应 pH 值下有所不同, TG-B 的 pH 值稳定范围是 5.0~7.0。即其在此范围内有较强的活性,能使蛋白质大分子链在酶的作用下解聚成为小分子,并形成小分子交联网状结构,故在该 pH 值范围内,复合膜的抗拉强度、断裂伸长率和透光率均有所增加。

当反应 pH 值在 8.0~11.0 的碱性条件下,薄膜的抗张强度又有所上升,这可能是因为碱性条件下,可以使蛋白质大分子得到一定程度的伸展,分子内部的疏基和疏水性基团暴露在分子表面,增加了分子间的相互作用,使膜的抗拉强度增大^[14]。但由于 pH 值过高会影响 TG-B 的活性,蛋白质出现聚沉现象,薄膜表面不光滑,颜色发黄,薄膜透光率下降较快,

也影响了薄膜的整体性能。

薄膜颜色发黄会直接影响薄膜的透明度,颜色越深,透明度越差。在晶体场中,不同能级的电子跃迁,可产生不同的颜色,而参与同一能级跃迁的电子数的多少则决定其颜色的深浅。参与同一能级跃迁电子数越多,对入射光能量消耗越大,物质的颜色就越深,相对的透明度就越低^[15]。

根据前面构造的隶属度函数,以各反应pH值为分析点,对薄膜的性能进行模糊综合评价。经综合比较得出,当反应pH值为6.0时,其累加加权隶属度值最大,复合薄膜的综合性能最佳。在此条件下,薄膜的抗张强度、断裂伸长率、透光率、吸水率分别为4.7 MPa, 39.8%, 12.6%和53.5%。

2.3 成膜温度对薄膜性能的影响

确定TG-B的添加质量分数为1.0%,反应pH值为6.0,改变成膜温度,探讨成膜温度对TG-B改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜性能的影响,试验结果如图3所示。

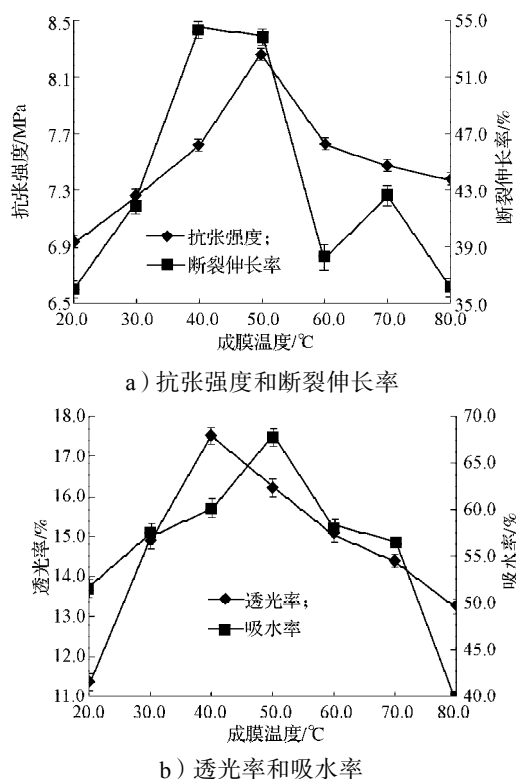


图3 成膜温度对薄膜性能的影响

Fig. 3 Effects of temperature on properties of the films

由图3可以看出, TG-B改性大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的抗张强度、断裂伸长率、透光率、吸水率整体呈现先上升后下降的变化趋势。当成膜温度在40.0~50.0 °C范围内时,复合薄膜的抗张强度、断裂伸长率、透光率、吸水率都达到了最大值。断裂伸长率在温度为70.0 °C的时候,有小幅提高,之

后随之下降,此时酶的活性较低。之所以出现这种情况,可能是因为适度的高温热处理,能使蛋白质分子充分延展开,并形成网状结构,从而影响了薄膜的断裂伸长率。

根据前面构造的隶属度函数,以各成膜温度为分析点,对薄膜的性能进行模糊综合评价。经综合比较得出,当成膜温度为50.0 °C时,其累加加权隶属度值最大,复合薄膜的综合性能最佳。复合薄膜的抗张强度、断裂伸长率、透光率和吸水率分别为8.3 MPa, 53.8%, 16.2%和67.8%。

成膜温度影响薄膜性能主要有两个原因:一是因为TG-B在40.0~45.0 °C时,酶的活性最高,致使蛋白质分子交联作用较好,机械强度较高,薄膜均匀致密,透光性较好;二是因为适当的热处理,可以使蛋白质大分子从原来有秩序的紧密结构变为无秩序的松散结构,分子内部的巯基和疏水性基团等暴露在分子表面,加之TG-B的作用,更有利于加强蛋白质分子内或分子间的相互作用,从而得到坚固致密的网络结构,具有较高的抗张强度和断裂伸长率,疏水作用也得到加强。但是若温度过高,会使得蛋白质分子过度变性,分子链断裂,不利于网络结构的形成^[16]。

3 结论

在大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的制备工艺中, TG-B的添加质量分数、反应pH、成膜温度对所得复合薄膜的性能均有较大影响。

试验结果表明:当TG-B的添加质量分数为1.0%,反应pH值为6.0,成膜温度为50 °C时,所得大豆蛋白/聚乙烯醇复合薄膜的综合性能最优。此时,复合薄膜的抗张强度、断裂伸长率、透光率、吸水率分别为8.3 MPa, 53.8%, 16.2%, 67.8%,与空白对照组相比,其抗张强度、断裂伸长率、透光率分别提高了75.4%, 162.9%, 27.2%,而吸水率降低了25.6%。

参考文献:

- [1] Su Junfeng, Huang Zhen, Yuan Xiaoyan, et al. Structure and Properties of Carboxymethyl Cellulose/Soy Protein Isolate Blend Edible Film Crosslinked by Maillard Reactions[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 79(1): 145-153.
- [2] 滑艳稳, 陈志周, 尹国平. 谷氨酰胺转氨酶改性蛋白质生物包装膜研究进展[J]. 包装学报, 2013, 5(4): 9-14.

Hua Yanwen, Chen Zhizhou, Yin Guoping. Advance in Study of Transglutaminase Treatment Improving Properties

- of Protein Biological Packaging Films[J]. Packaging Journal, 2013, 5(4): 9-14.
- [3] Chen Zhizhou, Yin Guoping. Optimization of Formula for Fabricating Acetylated Corn Starch Films[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 200: 267-270.
- [4] 王 翀, 张春红, 赵前程, 等. 大豆蛋白膜的研究进展[J]. 粮食加工, 2008, 33(3): 61-63, 83.
Wang Chong, Zhang Chunhong, Zhao Qiancheng, et al. The Research Development of Soy Protein Films[J]. Grain Processing, 2008, 33(3): 61-63, 83.
- [5] 王 芳, 张兰威. 乳清蛋白可食用膜的研究进展[J]. 乳业科学与技术, 2007(3): 109-112.
Wang Fang, Zhang Lanwei. Progress in the Research of Whey Protein Edible Film[J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2007(3): 109-112.
- [6] 葛晓军. 鱼皮明胶的壳聚糖与酶法复合改性及其膜性能研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
Ge Xiaojun. Studies on Fish Gelatin Modified with Transglutaminase and Chitosan and Their Film-Forming Properties[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2011.
- [7] 陈公安, 崔永岩. 大豆蛋白质塑料耐水性能改善的研究进展[J]. 塑料, 2006, 35(2): 93-97.
Chen Gong'an, Cui Yongyan. Improvement of Water Barrier Property of Soy Protein Plastics[J]. Plastics, 2006, 35(2): 93-97.
- [8] Moloki M, Seffuro K. Transglutaminase and Its Use for Food Processing[J]. Trends in Food Science & Technology, 1998, 9(5): 204-210.
- [9] 严瑞瑄. 水溶性高分子[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 42.
Yan Ruixuan. Water Soluble Polymer[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1998: 42.
- [10] 刘魁英. 食品研究与数据分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 51-62.
Liu Kuiying. Food Research and Data Analysis[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2005: 51-62.
- [11] Tang C H, Wu H, Chen Z, et al. Formation and Properties of Glycinin-Rich and β -Conglycinin-Rich Soy Protein Isolate Gels Included by Microbial Transglutaminase[J]. Food Research International, 2006, 39(1): 87-97.
- [12] 王 翀, 张春红, 赵前程, 等. 谷氨酰胺转氨酶改性可食性复合膜的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2009(5): 23-25.
Wang Chong, Zhang Chunhong, Zhao Qiancheng, et al. Studies on Transglutaminase Treatment Improving Properties of Edible Composite Films[J]. Cereal & Feed Industry, 2009(5): 23-25.
- [13] 姜 燕, 温其标, 唐传核, 等. 谷氨酰胺转移酶对大豆分离蛋白成膜性能的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(4): 24-28.
Jiang Yan, Wen Qibiao, Tang Chuanhe, et al. Effects of Transglutaminase on Properties of Soy Protein Isolates Cast Films[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2006, 25(4): 24-28.
- [14] 姜 燕, 温其标, 唐传核. 微生物谷氨酰胺转移酶对大豆分离蛋白凝胶性能的影响[J]. 食品工业科技, 2006, 27(5): 59-62.
Jiang Yan, Wen Qibiao, Tang Chuanhe. Effect of Microbial Transglutaminase Treatment on the Property of Soy Protein Isolates Gel[J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(5): 59-62.
- [15] 康宇杰, 欧仕益. 可食性大豆分离蛋白膜的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2003, 18(4): 38-42.
Kang Yujie, Ou Shiyi. Research Progress on Edible Film Prepared from Soy Protein Isolate[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2003, 18(4): 38-42.
- [16] 马 军. 深加工玻璃透光率影响因素及分析[J]. 建材工业信息, 2003(10): 39-40.
Ma Jun. Translucent Glass Deep Processing and Analysis of the Factors Affecting[J]. Building Materials Industry Information, 2003(10): 39-40.

(责任编辑: 廖友媛)

