

含茶多酚大豆分离蛋白抗菌膜的制备及其性能和保鲜效果

郭丛珊 张丽叶*

(北京化工大学 生命科学与技术学院, 北京 100029)

摘 要: 将天然抗菌抗氧化剂茶多酚加入大豆分离蛋白制成了新型可食性抗菌膜,并对其阻水性能和力学性能进行了测试。结果表明,茶多酚对大豆分离蛋白膜的阻水性能和拉伸强度有显著提高,添加 2 g/L 茶多酚所制得膜的水蒸气透过系数降低了 24.5%,拉伸强度提高了 93.2%。将所制成的涂膜液用于圣女果保鲜效果研究,结果表明室温下储藏 12 d 后,涂含茶多酚大豆分离蛋白膜组与未涂膜组比较,圣女果腐烂指数降低了 60%,失重率降低 31.1%,最终圣女果维生素 C 质量分数为 2.155×10^{-4} ,总酸度为 0.24%,分别为未涂膜组的 1.21 和 1.41 倍。

关键词: 大豆分离蛋白;茶多酚;抗菌膜;保鲜

中图分类号: TB43

引 言

大豆分离蛋白(SPI)具有优良的成膜性且价格低廉,大豆分离蛋白膜具有阻隔性、可降解性和可食性,可作为食品包装和涂布材料^[1]。随着人们生活和消费水平的提高,人们对食品加工的需求越来越向绿色和天然方向转变,因此天然安全的食品抗菌剂越来越受到人们关注。王翀等^[2]在大豆分离蛋白—谷朊粉复合膜溶液中添加丙酸钙对鲜鸡蛋进行涂膜处理,有效控制了鸡蛋品质变化;Arfa 等^[3]在大豆分离蛋白中添加肉桂醛和香芹酚制作抗菌包装纸,对大肠杆菌、葡萄球菌具有抑制作用;Sivaroban 等^[4]制备含有葡萄籽提取物、乳酸链球菌和 EDTA 的大豆分离蛋白膜,该膜对单核细胞增多性李斯特氏菌、大肠杆菌和鼠伤寒沙门菌均具有抑制作用。茶多酚是一种广谱、强效、低毒的天然抗菌剂,但用茶多酚为抗菌剂与大豆分离蛋白制备抗菌膜的研究尚未见报道。

本文将天然抗菌抗氧化剂茶多酚加入大豆分离蛋白制备可食性抗菌膜和抗菌涂层,研究茶多酚对大豆分离蛋白膜阻水性能和拉伸强度的影响,并将制得的抗菌涂层用于果蔬保鲜试验。

1 实验部分

1.1 实验原料和仪器

大豆分离蛋白,纯度 >90%,山东万得福公司;茶多酚,纯度 >85%,北京天竹鸟食品添加剂有限公司;圣女果,市售。

DF-101S 型恒温磁力搅拌器,河南省予华仪器有限公司;FA114 型电子精密天平,上海海康电子仪器有限公司;101-2A 型电热鼓风干燥箱,天津泰斯特仪器有限公司;Instron-1185 型万能材料试验机,英国 Instron 公司。

1.2 大豆蛋白膜的制备

茶多酚溶于去离子水中备用,大豆分离蛋白与水、增塑剂和其他成分搅拌均匀后超声,调节 pH 值,85℃的水浴加热反应 25 min 后冷却至室温,加入茶多酚溶液搅拌 20 min,将溶液倒于自制玻璃盒中,置于 50℃的烘箱中干燥 10 h,揭膜,保存于干燥器中待测。选择大豆分离蛋白质量浓度(A),还原剂质量浓度(B),超声时间(C)及茶多酚质量浓度(D)为参数因子,采用 $L_{16}(4^4)$ 正交试验方案,以拉伸强度为指标对膜综合性能进行分析。

1.3 大豆蛋白膜性能指标测定

采用拟杯子法^[5]测定水蒸汽透过系数。拉伸强度和断裂伸长率的测定参照 GB/T 13022—1991 方法,将膜裁成 I 型哑铃形试样,标线间距离为 40 mm,平行部分宽度为 10 mm,拉伸速度为 10 mm/s。

收稿日期: 2011-02-18

第一作者: 女,1985 年生,硕士生

* 通讯联系人

E-mail: lyzhang@mail.buct.edu.cn

1.4 保鲜液的制备及保鲜效果指标测定方法

选用圣女果为研究对象。按照 1.2 节的方法制备含茶多酚的大豆蛋白可食性抗菌涂层。将新鲜圣女果随机分组,每组 50 个,放入涂膜液中浸泡 1 min,捞出后自然晾干,放入玻璃皿中于 25 ℃ 放置保藏。且每组做一个平行试验。

参考文献[6]的方法隔天测定其腐烂指数;采用称重法测定失重率;采用 2,6-二氯酚滴定法^[7]测定维生素 C 质量分数;采用碱滴定法^[8]测定总酸度。

2 结果与讨论

2.1 影响膜性能的因素

2.1.1 成膜剂质量浓度

一般来说,大豆分离蛋白的成膜能力随其含量的增加而增大,从表 1 可以看出随着大豆分离蛋白含量的增加膜的拉伸强度逐渐增大,断裂伸长率的变化趋势与之相反。大豆分离蛋白质量浓度为 40 g/L 时流动性太大,成膜太薄且发脆,只能成片状碎块,不便于揭膜,且干燥时间长。但质量浓度太大时,不易脱气,易形成气孔,厚度也不均匀。大豆分离蛋白质量浓度为 50 ~ 70 g/L 时容易揭膜可以得到柔软、表面光滑的薄膜。水蒸气透过系数则逐渐降低,是由于随着大豆分离蛋白厚度的增加,对水的阻隔性能也逐渐增加。综合以上因素选 60 g/L 为大豆分离蛋白质量浓度。

表 1 大豆分离蛋白质量浓度对膜性能的影响

Table 1 Effect of SPI concentration on the properties of the film

$\rho_{\text{大豆分离蛋白}} / \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	水蒸气透过系数 / $\text{g} \cdot \text{mm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %
40		难揭膜	
50	6.88	1.62	129.67
60	6.37	2.19	115.75
70	6.12	2.52	110.6
80	5.88	2.64	99.50
90	5.43	2.72	89.19

2.1.2 茶多酚质量浓度

采用 60 g/L 的大豆分离蛋白按照制备大豆蛋白膜的方法加入茶多酚质量浓度分别为 0、0.2、0.5、1、2、5 和 10 g/L。由图 1 可知膜的水蒸气透过系数随茶多酚添加量的增大逐渐减小,这可能是由于茶多酚中大分子的酚羟基与蛋白质分子中的氨基

或羧基通过氢键结合,从而增加成膜液中分子间交叉连接的数目,形成交叉网络结构,使得阻水性增强。蛋白质和酚类物质的相互作用由酚的种类和个别酚类物质的浓度、蛋白质结构和温度决定^[9]。天然茶多酚中主要成份是儿茶酚、花色苷、黄酮和酚酸等。Sivarrooban 等^[4]证明在大豆蛋白中加入葡萄籽提取物后膜的穿刺强度提高,葡萄籽提取物中的天然酚主要也包括儿茶素。证明茶多酚与大豆分离蛋白能产生相互作用。茶多酚的质量浓度大于 2 g/L 水蒸气透过系数逐渐趋于平缓。

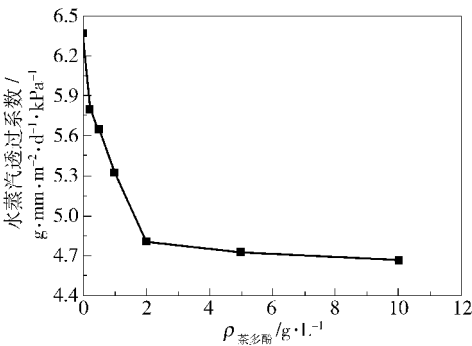


图 1 茶多酚质量浓度对膜水蒸气透过系数影响

Fig. 1 Effect of tea polyphenol concentration on the water vapor permeability of the film

由图 2 可见随着茶多酚添加量的增加,由于膜液分子的交联度的增加,结合致密,复合膜拉伸强度也不断增大。茶多酚的加入有利于改善蛋白质的相互交联,复合膜的网状结构加强,拉伸强度呈递增趋势。断裂伸长率的变化与拉伸强度相反呈降低趋势。综合以上各种因素选择 2 g/L 茶多酚为宜。由图 1 ~ 2 可知:添加 2 g/L 茶多酚所制得膜水蒸气透过系数比未添加茶多酚时降低了 24.5%,拉伸强度提高了 93.2%。

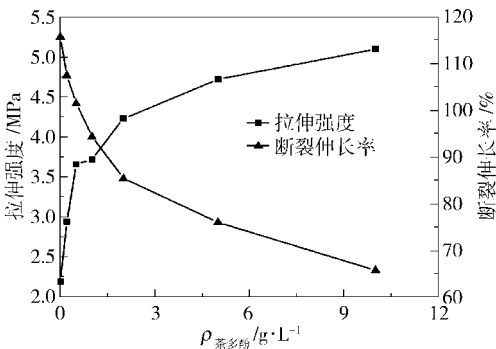


图 2 茶多酚质量浓度对膜拉伸强度和断裂伸长率影响

Fig. 2 Effect of tea polyphenol concentration on the tensile strength and elongation of the film

2.1.3 还原剂质量浓度

采用 60 g/L 的大豆分离蛋白按照制备大豆蛋白膜的方法加入不同质量浓度的 Na_2SO_3 , 水蒸气透过系数越低表明膜的阻水性越好, 从表 2 可以看出添加 Na_2SO_3 使膜的水蒸气透过系数显著降低, 这是因为还原剂 Na_2SO_3 的加入可以使多肽链分子量降低, 有利于暴露内部疏水基团, 增强膜阻隔性。在成膜液中添加还原剂, 可打断分子中的二硫键 ($-\text{S}-\text{S}-$), 增多巯基 ($-\text{SH}$) 量, 有利于在随后的涂膜干燥过程中形成新的分子间二硫键。由表 2 可看出添加 Na_2SO_3 的膜和对照相比抗拉强度明显增大但伸长率有所下降。因此 Na_2SO_3 质量浓度为 1 g/L 时制得膜的各种性能最好。

表 2 Na_2SO_3 质量浓度对膜性能的影响

Table 2 Effect of Na_2SO_3 concentration on the properties of the film

$\rho(\text{Na}_2\text{SO}_3)/$ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	水蒸气透过系数/ $\text{g}\cdot\text{mm}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{kPa}^{-1}$	拉伸 强度/MPa	断裂伸 长率/%
0	6.37	2.19	115.75
0.5	6.06	2.45	109.08
1	5.91	2.74	97.91
1.5	5.87	2.83	91.13
2	5.72	2.91	88.87

2.1.4 超声时间

表 3 为超声时间对膜性能的影响, 超声波处理使大豆分离蛋白膜水蒸气透过系数先降低后增大。这是因为大豆分离蛋白的亲水性主要依赖于球蛋白结构表面的 $-\text{NH}_2^+$ 和 $-\text{COO}^-$, 随着超声时间的增大, 隐藏在分子内部的疏水基团 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{C}_2\text{H}_5$ 、 $-\text{H}$ 等逐渐暴露, 使水蒸气透过系数降低; 当时间超过 15 min 后, 由于极性基团间的排斥作用, 水蒸气透过系数不再降低而略有增大。超声时间为 15 min 时水蒸气透过系数降至最低 $3.4 \text{ g}\cdot\text{mm}/(\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa})$ 。

表 3 超声时间对膜性能的影响

Table 3 Effect of ultrasound time on the properties of the film

超声 时间/min	水蒸气透过系数/ $\text{g}\cdot\text{mm}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{kPa}^{-1}$	拉伸 强度/MPa	断裂伸 长率/%
0	6.37	2.19	115.75
5	4.65	2.58	91.86
10	3.72	2.68	80.52
15	3.40	3.05	66.93
20	3.68	2.85	69.94

从表 3 可以看出, 经过超声处理的膜, 拉伸强度有很大的提高。超声波处理的空化作用和超混合效应使分子中的一些化学键断裂, 粒子大小降低, 许多反应基团暴露, 有利于分子间的相互作用, 同时空穴效应产生巨大的爆发力和冲击力, 并对分子产生高温高压, 使分子间的相互作用更加迅速有序, 导致坚韧的膜形成。随着超声时间的延长, 膜的强度呈增加趋势, 延长到 15 min 时抗拉强度达峰值; 但当超声时间再增加时, 强度反而下降, 可能是随着大量的化学键断裂, 之后很难再形成致密的网状结构, 从而强度下降。断裂伸长率的变化与之相反。综上所述超声时间为 15 min 制得膜性能最佳。

2.2 含茶多酚大豆蛋白抗菌膜综合性能分析

采用正交试验对膜综合性能进行分析, 由单因素实验得出最佳配方为: 大豆分离蛋白 60 g/L, 茶多酚 2 g/L, Na_2SO_3 1 g/L, 超声时间为 15 min。以此为基础进行 $L_{16}(4^4)$ 正交试验, 因素水平及实验结果见表 4。通过极差分析可知, 在所选定因素水平中, 影

表 4 正交试验因素水平及结果

Table 4 The factor level and results of orthogonal experiment

试验 号	A ρ 大豆分离蛋白/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	B $\rho(\text{Na}_2\text{SO}_3)/$ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	C 超声 时间/min	D ρ 茶多酚/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	拉伸 强度/ MPa
1	50	0.25	5	0.5	4.61
2	50	0.5	10	1	6.63
3	50	1	15	2	6.46
4	50	1.5	20	5	3.75
5	60	0.25	10	2	5.69
6	60	0.5	5	5	4.3
7	60	1	20	0.5	5.7
8	60	1.5	15	1	3.3
9	70	0.25	15	5	4.74
10	70	0.5	20	2	5.63
11	70	1	5	1	6.09
12	70	1.5	10	0.5	4.76
13	80	0.25	20	1	5.38
14	80	0.5	15	0.5	3.83
15	80	1	10	5	6.64
16	80	1.5	5	2	5.56
k_1	5.36	5.11	5.14	4.73	
k_2	4.75	5.10	5.93	5.35	
k_3	5.31	6.22	4.58	5.84	
k_4	5.35	4.34	5.12	4.86	
极差	0.61	1.88	1.35	1.11	

响膜拉伸强度的主次因素为: $B > C > D > A$, 以膜的拉伸强度为指标得最佳组合为大豆分离蛋白 50 g/L, 还原剂 Na_2SO_3 1 g/L, 超声时间 10 min, 茶多酚 1 g/L。

2.3 含茶多酚大豆蛋白抗菌膜的应用

制备可食性大豆分离蛋白保鲜液, 观察它对圣女果保鲜效果, 具体组合为: (I) 不涂膜; (II) 涂大豆分离蛋白膜, 膜液中不含抗菌剂茶多酚; (III) 涂含有茶多酚的大豆分离蛋白膜。每隔 1 d 测定 1 次腐烂指数、失重率、可滴定酸质量分数和维生素 C 质量分数和总酸度 4 个指标, 每次每组平行测 3 次, 取平均值。并与未涂膜的对照组进行比较。

2.3.1 圣女果腐烂指数的变化

圣女果腐烂指数的变化如图 3 所示。果蔬在贮藏过程中, 由于微生物的作用而导致果实的腐烂, 对水分含量高的水果而言, 尤其容易发生腐烂。从图 3 可以看出, 未涂膜的样品在贮藏过程中腐烂的速度比较快, 而涂膜的样品则明显较小, 是由于大豆分离蛋白膜在圣女果表面形成一层保护膜, 避免了细菌对果实的侵害。含有茶多酚的大豆分离蛋白涂膜圣女果的腐烂指数最小, 是因为茶多酚对许多细菌有较为明显的抑制作用, 有效控制病原菌的感染而导致的腐烂。茶多酚的抑菌机理尚未明确, 一般认为^[10]酚分子中的酚羟基与菌体蛋白质分子中的氨基或羧基发生氢结合, 疏水性的苯环也可与蛋白质发生疏水结合, 这种多点结合作用可能是其具有抑菌性的重要原因。此外, 茶多酚还可与金属离子发生络合反应, 导致微生物因某些必需元素的缺乏而代谢受阻, 甚至死亡。在贮存 12 d 后涂含茶多酚大豆分离蛋白膜的圣女果腐烂指数为 18%, 而未涂膜为 45%, 腐烂指数降低了 60%。

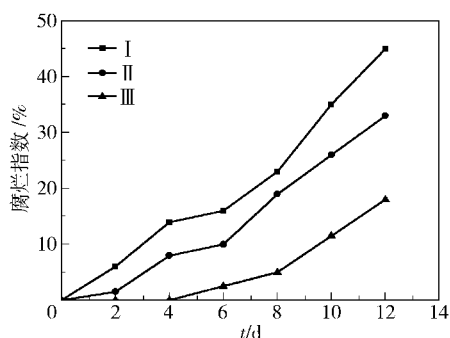


图3 不同处理对圣女果腐烂指数的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on the rotting index of cherry tomatoes

2.3.2 圣女果失重率的变化

果蔬在贮藏过程中失重的主要原因是由于机体的呼吸作用和蒸发作用, 使得其自身水分损失。水果由于其自身水分含量高, 且比表面积大, 因而失水现象尤为严重。不同涂膜对圣女果失重率的影响如图 4 所示。

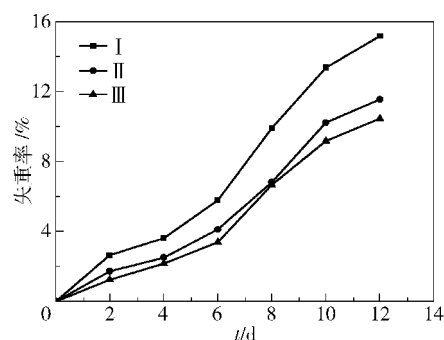


图4 不同处理对圣女果失重率的影响

Fig. 4 Effect of different treatments on the weight loss ratio of cherry tomatoes

从图 4 可以看出, 随着储藏天数的增加圣女果的失重率逐渐增大。未涂膜组失水较为严重, 而涂膜处理的圣女果失水较少。原因是大豆分离蛋白在圣女果表面形成一层无色透明的隔离膜, 堵塞果品表面的气孔和皮孔, 降低果品的水分损失, 并能有效地抑制圣女果的呼吸, 从而降低了重量的损耗利于保持果品的新鲜度。储藏 12 d 后未涂膜组圣女果失重率为 15.18%, 涂含茶多酚大豆分离蛋白膜为 10.46%, 比未涂膜组低 31.1%。

2.3.3 圣女果维生素 C 质量分数的变化

圣女果中的维生素 C 质量分数比大多数果蔬高, 所以受到人们的普遍欢迎。但维生素 C 极易被氧化而损失, 由图 5 所示, 在贮藏过程中维生素 C 质量分数先上升后下降, 未涂膜组呼吸作用较强成熟较快在贮藏第 4 天时维生素 C 质量分数达到峰值, 而涂膜组在第 6 天才达到峰值。且涂含茶多酚大豆分离蛋白膜比涂大豆分离蛋白膜的圣女果维生素 C 质量分数高, 这表明涂膜液在圣女果表面形成一层薄膜, 抑制果实内外的气体交换, 降低呼吸强度。国内外许多学者报道茶多酚对自由基有很强的清除作用^[11], 果实衰老与细胞膜的过氧化作用有关, 而膜的过氧化是由活性氧启动, 抗氧化剂是自由基清除剂, 能防止活性氧超氧阴离子自由基和过氧化氢的毒害而引起膜质氧化和过氧化作用所造成膜功能和结构破坏。茶多酚是由茶叶中提取出的天然

抗氧化剂,具有很强的抗氧化作用,且对细胞中活性氧自由基清除系统中的维生素 C 具有保护作用;同时,由于茶多酚分子中含有多个酚羟基,具有供氢活性,可将分子中的氢直接提供果实中的维生素 C,使之保持还原态,减少损失。储藏 12 d 后未涂膜组维生素 C 质量分数为 1.782×10^{-4} ,涂含茶多酚大豆分离蛋白膜为 2.155×10^{-4} ,是未涂膜组的 1.21 倍。

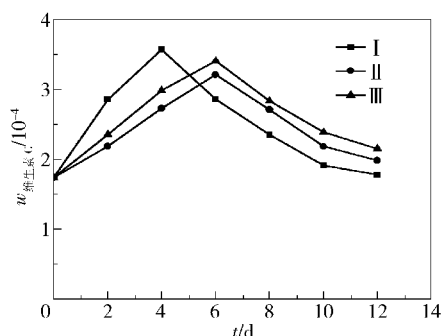


图5 不同处理对圣女果维生素 C 质量分数的影响

Fig.5 Effect of different treatments on the vitamin C mass fraction in cherry tomatoes

2.3.4 圣女果总酸度的变化

在贮藏过程中,总酸度的变化如图 6 所示。由图 6 可知,在贮藏期间总酸度均呈下降趋势,主要原因是有机酸一部分作为呼吸底物被消耗掉,另一部分被转化为糖。其变化是反映营养物质消耗程度的重要指标,也是衡量保鲜效果的重要标志。圣女果采收时,在果肉细胞中积累较多有机酸,在成熟过程中,部分有机酸转变为糖,直观表现为酸味下降,甜味增加^[12]。但是涂膜组圣女果总酸度下降速率低于对照,这是因为大豆分离蛋白与茶多酚涂膜处理能有效抑制圣女果的呼吸作用,减少圣女果本身酸性物质的损失。储藏 12 d 后未涂膜组总酸度为

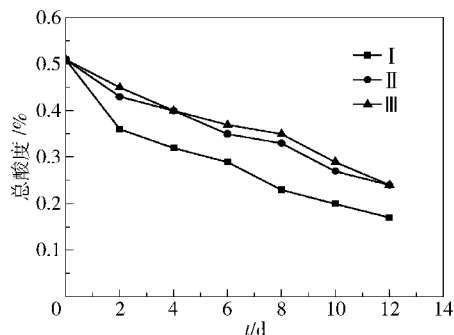


图6 不同处理对圣女果总酸度的影响

Fig.6 Effect of different treatments on the total acidity of cherry tomatoes

0.17%,而涂膜组为 0.24%,是未涂膜组的 1.41 倍。

3 结论

(1)将茶多酚加入大豆分离蛋白膜后制得了性能良好的膜,添加 2 g/L 茶多酚所制得膜拉伸强度提高了 93.2%,水蒸气透过系数降低了 24.5%。

(2)含茶多酚的大豆分离蛋白抗菌膜的最佳制备条件为大豆分离蛋白 50 g/L,还原剂 Na_2SO_3 1 g/L,超声时间 10 min,茶多酚 1 g/L。

(3)涂含有茶多酚的大豆分离蛋白膜后圣女果在室温下储藏 12 d 比未涂膜组的腐烂指数低 60%,失重率 31.1%,储藏 12 d 后圣女果维生素 C 质量分数为 2.155×10^{-4} ,总酸度为 0.24%,分别为未涂膜组的 1.21 和 1.41 倍。

参考文献:

- [1] Yin S W, Tang C H, Wen Q B, et al. Properties of cast films from hemp (*Cannabis sativa* L.) and soy protein isolates: A comparative study[J]. J Agric Food Chem, 2007, 55: 7399-7404.
- [2] 王翀, 张春红, 赵前程, 等. 防腐剂强化大豆分离蛋白和谷朊粉复合膜保鲜鸡蛋作用研究[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 273-276.
Wang C, Zhang C H, Zhao Q C, et al. Preservation effect of antiseptics-fortified soy protein isolate-wheat gluten film on eggs [J]. Food Science, 2009, 30(4): 273-276. (in Chinese)
- [3] Arfa A B, Preziosi-Belloy L, Chalier P, et al. Antimicrobial paper based on a soy protein isolate or modified starch coating including carvacrol and cinnamaldehyde [J]. J Agric Food Chem, 2007, 55: 2155-2162.
- [4] Sivarooban T, Hettiarachchy N S, Johnson M G. Physical and antimicrobial properties of grape seed extract, nisin, and EDTA incorporated soy protein edible films [J]. Food Research International, 2008, 41: 781-785.
- [5] 叶保平, 黄赣辉. 塑料膜透性测定技术研究[J]. 食品科学, 1994(10): 52-56.
Ye B P, Huang G H. Testing technology of plastic film's pPermeability[J]. Food Science, 1994(10): 52-56. (in Chinese)
- [6] 吴非, 周巍, 张秀玲. 壳聚糖膜剂的研制及对辣椒的保鲜效果[J]. 中国蔬菜, 2003(3): 17-19.
Wu F, Zhou W, Zhang X L. Prepare of chitosan coating and its preservation effect on peppers[J]. Chinese Vege-

- tables, 2003(3): 17-19. (in Chinese)
- [7] 赵国华. 食品化学实验原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 105-108.
- Zhao G H. Principle and technology of food chemistry experiment [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 105-108. (in Chinese)
- [8] 侯曼玲. 食品分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 39-45.
- Hou M L. Food analysis [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 39-45. (in Chinese)
- [9] Siebert K J, Troukhanova N V, Lynn P Y. Nature of polyphenol-protein interactions [J]. J Agric Food Chem, 1996, 44: 80-85.
- [10] 姚开, 何强, 石碧. 茶多酚的生理活性及其在食品中的应用[J]. 四川省食品与发酵, 2001, 36(3): 6-10.
- Yao K, He Q, Shi B. Physiological activities of tea polyphenols and applications in food industry [J]. Sichuan Food and Fermentation, 2001, 36(3): 6-10. (in Chinese)
- [11] Jhoo J W, Lo C Y, Li S M, et al. Stability of black tea polyphenol, theaflavin, and identification of theanaphthoquinone as its major radical reaction product[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 6146-6150.
- [12] 张占路, 王海鸥. 可食性膜在樱桃番茄保鲜中的应用[J]. 无锡轻工大学学报, 2002, 21(2): 156-159.
- Zhang Z L, Wang H O. Preservation effect of edible film on cherry tomatoes [J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2002, 21(2): 156-159. (in Chinese)

Properties and preservation effect of tea polyphenol-incorporated soy protein isolate antibacterial films

GUO CongShan ZHANG LiYe

(College of Life Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The water vapor permeability and tensile strength of soy protein isolate antibacterial films containing 2 g/L of tea polyphenols as a natural bactericide and antioxidant have been evaluated. The incorporation of tea polyphenols significantly increased the tensile strength of the films by 93.2% and reduced the water vapor permeability by 24.5%. Furthermore, after coating cherry tomatoes with the films and storing for 12 days at room temperature, the quality of the film-coated cherry tomatoes was better than the control group: the rotting index decreased by 60%, the weight loss ratio decreased by 31.1%, the mass fraction of vitamin C was 2.155×10^{-4} which was 1.21 times more than the control group, and the total acidity was 0.24% which was 1.41 times more than the control group.

Key words: soy protein isolate; tea polyphenols; antibacterial film; preservation