壳聚糖/聚赖氨酸对柑橘的保鲜性研究

叶青青，李亚娜，候温甫
（武汉轻工大学，武汉 430023）

摘要：目的 明确壳聚糖/聚赖氨酸复合膜对柑橘保鲜的影响。**方法** 采用流延法制备聚赖氨酸质量分数（聚赖氨酸相对于壳聚糖）为 0，1%，3%，5%，7%的壳聚糖/聚赖氨酸复合膜，对复合膜进行微观分析和红外光谱分析，采用光密度值法测试该膜的抑菌性，并用该复合溶液对柑橘浸泡后贮藏，测定贮藏期间柑橘各项保鲜指标的变化。**结果** 复合膜表明光滑，内部结构均匀，其抑菌性随着聚赖氨酸质量分数的提高而增强。复合溶液涂膜减缓了贮藏期间柑橘感官分值的下降，减少了果实含糖量和维生素 C 含量的流失，降低了柑橘的质量损失率和腐败率。**结论** 聚赖氨酸提高了壳聚糖膜的抑菌性，复合溶液涂膜对柑橘有良好的保鲜效果。

关键词：壳聚糖；聚赖氨酸；抑菌性；柑橘；保鲜
中图分类号：TB484.6 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2017)17-0052-06

Freshness of Citrus by Chitosan/Poly-lysine

YE Qing-qing, *LI Ya-na*, *HOU Wen-fu*
(Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

ABSTRACT: The work aims to clarify the effect of chitosan/poly-lysine composite film on the freshness of citrus. The chitosan/poly-lysine composite films with the poly-lysine mass fractions (the mass fraction of ploy-lysine relative to chitosan) of 0, 1%, 3%, 5% and 7% were prepared in the tape casting method. The microstructures and IR spectra of the composite films were analyzed. The antimicrobial activities of the films were tested in optical density method. The citrus was soaked by the composite solution and then stored. The change in all the fresh-keeping indicators of the citrus during the storage was measured. The composite solution film slowed down the decline of citrus sensory score during the storage, reduced the loss of sugar content and vitamin C content of the fruits, and reduced the mass loss rate and the spoilage of citrus. Poly-lysine increases the antimicrobial activity of chitosan film, and the composite solution film has a good preservation effect on the citrus.

KEY WORDS: chitosan; poly-lysine; antimicrobial activity; citrus; preservation

壳聚糖由于其原料来源广泛，具有良好的生物相容性[1]、生物可降解性、成膜性[2]和抑菌性而被广泛应用于果蔬、肉制品、水产品等食品的涂膜保鲜[3]。Mayra[4]等将壳聚糖与直链淀粉共混后用于鲜切菠萝的涂膜保鲜，延缓了可溶性固形物含量和感官评分的下降，并且有效抑制了鲜切菠萝表面的细菌生长，延长了保质期。赵凤[5]等研究了不同浓度的壳聚糖涂膜对葡萄的保鲜效果，由结果可知，质量分数为 1%的壳聚糖涂膜能够降低葡萄的腐烂率，且可明显降低葡萄水分散失程度。聚赖氨酸由于其良好的安全性和抑菌性，所以在食品保鲜领域被广泛应用[6—8]。徐红华[9]等研究了聚赖氨酸对牛奶的保鲜作用，结果发现聚赖氨酸有效减少了牛奶中细菌滋生的数量。KIDO[10]等将聚赖氨酸和异丁子香酚作为新鲜火鸡肉的添加剂，研究发现，该添加剂能够有效抑制革兰氏阴性菌和恶臭假单胞菌的生长，从而延长火鸡肉的货架寿命。

收稿日期：2017-06-11
基金项目：湖北省自然科学基金（2017CFB494）
作者简介：叶青青（1992—），男，武汉轻工大学硕士生，主攻包装材料。
通讯作者：李亚娜（1980—），女，博士，武汉轻工大学副教授，主要研究方向为食品包装材料。

柑橘果实营养丰富，兼具良好的经济和药用价值，深受消费者喜爱。柑橘的生产存在着较强的季节性、区域性，且柑橘采摘后极易腐坏，厂家易因此造成严重损失。学者们尝试了多种保鲜材料和技术对柑橘进行保鲜处理，如辐照[11]、臭氧[12]、涂膜[13]、采后热处理[14]、单果包装[15]等，其中涂膜保鲜技术得到了广泛研究。这里制备不同聚赖氨酸含量的壳聚糖/聚赖氨酸复合膜，对其进行红外光谱测定及抑菌性表征，并将该溶液应用于柑橘保鲜实验，考察壳聚糖/聚赖氨酸涂液对柑橘的保鲜效果。

1　实验

1.1　材料和设备

主要材料：壳聚糖，分析纯，国药集团化学试剂有限公司；聚赖氨酸，食品级，郑州拜纳佛生物工程有限公司；营养琼脂，食品级，青岛海博生物生物技术有限公司；蛋白胨，分析纯，亿威隆生物科技有限公司；酵母粉，食品级，安琪酵母股份有限公司；醋酸，分析纯，天津市天力化学试剂有限公司；氢氧化钠，分析纯，天津市凯通化学试剂有限公司；盐酸，分析纯，东兴化学试剂有限公司；大肠杆菌、金黄色葡萄球菌，均由武汉轻工大学食品学院提供；这里所用柑橘品种为广西蜜橘，经逐个挑选，大小相似，品相良好；聚乙烯（PE）膜，厚度为 29 μm，沈阳东联日用品有限公司。

主要设备：紫外分光光度仪，T6，北京普析仪器有限公司；扫描电子显微镜，S-3000N，日立；傅里叶红外光谱仪，NEXUS670，美国尼高力仪器公司；手提式不锈钢压力蒸汽灭菌器，SYQ-DSX-280B，上海申安医疗器械厂；超净台，SW-CJ-2FD，苏州安泰空气技术有限公司；薄膜测厚仪，CH-12，上海六菱仪器厂。

1.2　方法

1.2.1　壳聚糖/聚赖氨酸的制备

将一定量壳聚糖溶于醋酸溶液（质量分数为 1%）中，得到质量分数为 1%的壳聚糖溶液，然后加入一定量的聚赖氨酸，磁力搅拌 2 h 并用氢氧化钠溶液中和至中性，最终得到聚赖氨酸质量分数为 0，1%，3%，5%，7%的壳聚糖/聚赖氨酸溶液。将上述溶液丝袜过滤并静置 24 h 后，倒入塑料模具（直径为 14 cm）中干燥成膜（35 ℃，15 h）。

1.2.2　壳聚糖/聚赖氨酸复合膜的表征

1）红外光谱测定。采用傅里叶红外变换光谱仪（FTIR）对壳聚糖膜、壳聚糖/聚赖氨酸复合膜（聚赖氨酸质量分数为 3%）和聚赖氨酸进行红外测试。

2）微观形态测定。壳聚糖/聚赖氨酸用液氮萃断后真空喷金，采用扫描电子显微镜（SEM）观察其表面和断面形貌。

3）抑菌性测定。抑菌实验采用吸光度法，将少量处于预先培养至对数期的大肠杆菌或金黄色葡萄球菌接入装有 20 mL 无菌 LB 液体培养基中，分别放入不同浓度的壳聚糖/聚赖氨酸复合膜和空白组（PE 膜）。置于 37 ℃水浴振荡培养，转速控制在 50 r/min。每隔 1 h 用分光光度计定期检测培养液吸光度值（OD 值=600）的变化，OD 值反映了样品中菌落数的多少。

1.2.3　壳聚糖/聚赖氨酸对柑橘的保鲜性测定

将柑橘在壳聚糖/聚赖氨酸溶液中浸泡 1 min 后取出，室温干燥后用 PE 膜单果包装。观察室温下贮藏 90 d 后柑橘的品质变化。以清水浸泡的柑橘作为对照组。保鲜指标分别为感官评价、质量损失率、腐败率、含糖量、维生素 C 含量。

1）感官评价。柑橘感官评价标准中，5 分为果实外在饱满，果皮完全不褶皱，没有斑点，无腐败现象；4 分为果实外在饱满，果皮出现轻微褶皱，出现零星斑点，无腐败现象，略微失水；3 分为果皮略微下沉，果皮出现小量褶皱，出现小量斑点，无腐败现象，轻微失水；2 分为果皮不再坚挺，果皮出现中度褶皱，大面积出现斑点，轻微腐败，中度失水；1 分为果皮出现皮软状况，斑点布满整个柑橘，大面积出现腐败情况，重度失水，并伴有异味；0 分为完全腐败。根据柑橘感官评价标准对柑橘进行打分，10 人打分，取算术平均值。

2）质量损失率。柑橘的质量损失率计算为：

$$\text{质量损失率}=\frac{\text{贮前质量}-\text{贮后质量}}{\text{贮前质量}}\times 100\%$$

3）腐败率。各组腐败率的计算为：

$$\text{腐败率}=\frac{\text{腐败、霉变柑橘个数}}{\text{总柑橘个数}}\times 100\%$$

4）含糖量。利用折光仪进行测定。

5）维生素 C 含量。在 246 nm 处经紫外光照射后测定样品液与碱处理样品液的消光值之差，再根据标准曲线 $y=0.0526x+0.0083$，计算出维生素 C 的含量 η（μg/g）[16]：$\eta=\frac{mV_{总}}{V_1 m_{总}}$。其中 m 为从标准曲线上查得的抗坏血酸的含量（μg）；V_1 为测消光值时吸取样品溶液的体积（mL）；$V_{总}$为样品定容体积（mL）；$m_{总}$为称样质量（g）。

2 结果与讨论

2.1　红外光谱

壳聚糖膜、壳聚糖/聚赖氨酸复合膜（聚赖氨酸质量分数为 3%）和聚赖氨酸的红外光谱见图 1。可

以看出，聚赖氨酸在 1080，1380，1640 cm^{-1} 处有特征峰，壳聚糖在 640，1070，1550 cm^{-1} 处有特征峰，而壳聚糖/聚赖氨酸膜在 640，1070，1080，1380，1550，1640 cm^{-1} 处均有特征吸收峰，且没有新的特征峰。这表明，壳聚糖/聚赖氨酸中壳聚糖和聚赖氨酸之间没有发生强烈的氢键作用，只是简单的物理混合。

图 1　壳聚糖、聚赖氨酸和壳聚糖/聚赖氨酸膜的红外光谱

Fig.1 Infrared spectra of chitosan, poly-lysine and chitosan/poly-lysine films

2.2　微观形态

壳聚糖和壳聚糖/聚赖氨酸复合膜的微观形态见图 2。可以看出，壳聚糖和壳聚糖/聚赖氨酸复合膜的表面都较光滑，没有明显的凸起或皱褶。此外，壳聚糖/聚赖氨酸复合膜的断面形态较壳聚糖膜更粗糙，这表明聚赖氨酸的添加可能提高了薄膜的孔隙率[17]。

a 0

b 1%

图 2　聚赖氨酸质量分数不同时壳聚糖/聚赖氨酸膜的断面 SEM

Fig.2 Cross-section SEM of chitosan/poly-lysine film with different mass fractions of ploy-lysine

2.3　抑菌性

壳聚糖/聚赖氨酸复合膜对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑菌性测试结果见图 3。OD 值越高表明溶液中菌落数越多，因此溶液 OD 值的高低能够反映复合膜对微生物生长的抑制情况。由图 3 可知，纯壳聚糖膜的 OD 值略低于对照组，这表明壳聚糖对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌均有一定的抑菌性，并且随着聚赖氨酸含量的增加，壳聚糖/聚赖氨酸膜对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑菌性逐渐提高。当聚赖氨酸质量分数为 7%时，壳聚糖/聚赖氨酸复合膜对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑菌性最强。

a 金黄色葡萄球菌

b 大肠杆菌

图 3　聚赖氨酸质量分数不同时壳聚糖/聚赖氨酸膜的抑菌性

Fig.3 Antimicrobial activity of chitosan/poly-lysine film with different mass fractions of poly-lysine

2.4　柑橘的保鲜性

2.4.1　感官评价

对不同贮藏期的柑橘进行感官评价，其分值变化见图 4。可以看出，随着时间的延长，感官分值呈下降的趋势，经壳聚糖/聚赖氨酸溶液浸泡的柑橘均比对照组的柑橘感官分值高，说明壳聚糖在防止柑橘的水分流失和腐败方面有一定的效果。聚赖氨酸质量分数为 0，1%，3%，5%，7%的样品间感官分值差异较小，表明聚赖氨酸的添加对其感官分值没有太大的影响。

2.4.2　质量损失率

经过不同处理后柑橘质量损失的表现见图 5。可

图 4　聚赖氨酸质量分数不同时柑橘感官分值变化

Fig.4 Changes in sensory scores of citrus during storage with different mass fractions of poly-lysine

图 5　聚赖氨酸质量分数不同时柑橘质量损失率变化

Fig.5 Changes in citrus mass loss rate during storage with different mass fractions of poly-lysine

以看出，随着贮藏时间的增加，柑橘的质量损失率也逐渐增加。与对照组相比，经过壳聚糖/聚赖氨酸溶液处理的柑橘的质量损失率变化均小于对照组，说明壳聚糖对减少柑橘的水分流失有良好效果。这可能是经过涂膜处理后，壳聚糖在果实表面形成一层较为致密和均匀的薄膜，在一定程度上抑制了果实的蒸腾作用和呼吸作用，减少了水分的散失和自身有机物的消耗[18]。此外，聚赖氨酸的加入，在一定程度上可减少贮藏期间柑橘水分的流失，当聚赖氨酸的质量分数为 1%时，降低柑橘质量损失率的效果最好。

2.4.3　含糖量

经过不同处理后柑橘含糖量见图 6。由图 6 可知，柑橘贮藏期间，总体含糖量呈现先上升后下降的趋势，这是由于果实在采收后继续进行呼吸代谢，果实中的有机酸等物质在代谢中转化为糖，随着果实的完全成熟，总含糖量达到最大值，再将营养物质消耗殆尽[19]。经壳聚糖/聚赖氨酸溶液处理的柑橘较对照组柑橘的含糖量下降得缓慢。这说明壳聚糖能够有效防止贮藏期间柑橘含糖量的减少，而聚赖氨酸的添加对含糖量的影响并不显著。

2.4.4　腐败率

经过不同处理后柑橘腐败率的变化见图 7。可以

图 6　聚赖氨酸质量分数不同时柑橘含糖量的变化

Fig.6 Changes in the sugar content of citrus during storage with different mass fractions of poly-lysine

图 7　聚赖氨酸质量分数不同时柑橘腐败率的变化

Fig.7 Variation of citrus spoilage with different mass fractions of poly-lysine

看出，对照组在贮藏期间的整体腐败率都高于其他组，在第 20 天出现少量柑橘的腐烂，在第 90 天时，腐败率接近 50%，而其他组都低于对照组。这表明壳聚糖和聚赖氨酸均可有效减少柑橘表皮上的细菌滋生[20]，降低贮藏期柑橘的腐败率。纯壳聚糖与聚赖氨酸质量分数为 1%和 3%这 3 组间的差距较小，而纯壳聚糖组与聚赖氨酸质量分数为 5%和，7%间有鲜明的差异，说明当溶液中聚赖氨酸的质量分数超过 5%时，会有较明显的抑菌效果，从而降低柑橘的腐败率，这与前面的抑菌性实验结果吻合。

2.4.5　维生素 C 含量

经过不同处理后柑橘维生素 C 含量的变化见图 8。可以看出，在柑橘的贮藏过程中，果实的维生素 C 含量整体呈下降趋势。与对照组相比，涂膜后的柑橘维生素 C 含量下降幅度较缓慢，这是因为壳聚糖涂膜在果蔬表面形成一层薄膜，它能抑制膜内外的气体交换，使维生素 C 氧化还原反应所需的氧气浓度降低，阻断了还原型维生素 C 的氧化过程，有利于果实中维生素 C 含量的保持[21]。纯壳聚糖与聚赖氨酸质量分数为 1%，3%，5%，7%间的差距微小，表明聚赖氨酸的添加不影响贮藏期间柑橘维生素 C 含量的变化。

图 8 聚赖氨酸质量分数不同时柑橘维生素 C 含量的变化
Fig.8 Changes in vitamin C content in citrus with different mass fractions of poly-lysine

3 结语

采用流延法得到不同聚赖氨酸含量的壳聚糖/聚赖氨酸复合膜，经 FTIR 发现壳聚糖和聚赖氨酸的结合没有产生新的化合物，经 SEM 发现表面光滑平整、内部结构均匀。考察其抑菌性，结果发现壳聚糖和聚赖氨酸都有抑菌性，壳聚糖/聚赖氨酸复合膜的抑菌性较为突出，且聚赖氨酸含量越高，该膜的抑菌性越好。经过该壳聚糖/聚赖氨酸溶液对柑橘的保鲜测试发现，壳聚糖对柑橘的感官评价、质量损失率、含糖量、维生素 C 含量、腐败率的影响都有良好的效果，聚赖氨酸的加入虽然对感官评价、质量损失率、含糖量、维生素 C 含量没有明显的影响，但有效地降低了腐败率，且随着聚赖氨酸含量的升高，其对柑橘的保鲜效果增强。综合而言，聚赖氨酸质量分数为 1%的壳聚糖/聚赖氨酸溶液对柑橘的保鲜效果最好。

参考文献：

[1] 陈诗琪，张贤明. 天然高分子壳聚糖的特性及其应用[J]. 应用化工, 2016, 21(2): 62—64.
CHEN Shi-qi, ZHANG Xian-ming. Properties and Application of Natural Macromolecule Chitosan[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2016, 21(2): 62—64.

[2] SHAHIDI F, ARACHCHI J K V, JEON Y J. Food Applications of Chitin and Chitosans[J]. Trends in Food Sciednce & Technology, 1999(10): 35—37.

[3] 范林林，李萌萌，冯叙桥. 壳聚糖涂膜对鲜切苹果贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2014(22): 11—15.
FAN Lin-lin, LI Meng-meng, FENG Xu-qiao. Effects of Chitosan Coating on Storage Quality of Fresh-cut Apple[J]. Food Science, 2014(22): 11—15.

[4] MAYRA Z, SANTOS G, NORMA H, et al. Layer-by-layer Edible Coatings Based on Mucilages, Pullulan and Chitosan and Its Effect on Quality and Preservation of Fresh-cut Pineapple[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 128(6): 245—259.

[5] 赵凤，李玲，杨小龙. 水溶性壳聚糖在葡萄保鲜中的应用[J]. 中国农学报, 2011, 27(10): 294—296.
ZHAO Feng, LI Ling, YANG Xiao-long. Application of Water-soluble Chitosan in Preservation of Grape[J]. Chinese Agricultural Science, 2011, 27(10): 294—296.

[6] HO Y T, SHOICHIRO I, MUNEHIKO T. Improving Emulsifying Activity of ε-polylysine by Conjugation with Dextran throug the Maillard Reaction[J]. Food Chemistry, 2000, 68(4): 449—455.

[7] TAKAHASHI H, KASHIMURA M, SATOKO M, et al. Effect of Paired Antimicrobial Combinations on Listeria Monocytogenes Growth Inhibition in Ready-to- eat Seafood Products[J]. Food Control, 2012, 26(2): 397—400.

[8] 李丽，严碧云，谭念，等. 聚赖氨酸盐酸盐在菱角豆腐保鲜中的应用研究[J]. 食品工业，2016, 37(11): 5—7.
LI Li, YAN Bi-yun, TAN Nian, et al. Application Polylysine Hydrochloride Chestnut Curd Preservation[J]. Food Industry, 2016, 37(11): 5—7.

[9] 徐红华，刘慧. 聚赖氨酸在牛奶保鲜跌应用研究[J]. 食品与发酵工业, 2000, 26(2): 33—37.
XU Hong-hua, LIU Hui. Poly-lysine in Milk Preservation Application[J]. Food and Fermentation Industry, 2000, 26(2): 33—37.

[10] KIDO Y, HIRAMOTO S, MURAO M, et al. Epsilon-polylysine Inhibits Pancreatic Lipase Activity and Suppresses Postprandial Hypertriacylglyceridemia in Rats[J]. Journal of Nutrition, 2014, 133(6): 1887—1891.

[11] TORLAKA E, SERTB D. Antibacterial Effectiveness of Chitosan-propolis Coated Polypropylene Films Against Foodborne Pathogens[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 60(9): 52—55.

[12] 罗美雨，李文革. 辐照对柑橘保鲜效果的研究[J]. 湖南农业科学, 2009(6): 137—138.
LUO Mei-yu, LI Wen-ge. Effects of Irradiation on Citrus Preservation[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2009(6): 137—138.

[13] 秦文，彭春华，王天佑. 臭氧对柑橘果实青霉菌的抑菌效果[J]. 四川农业大学学报, 2012, 27(2): 173—175.
QIN Wen, PENG Chun-hua, WANG Tian-you. Effect of Ozone on the Bacteriostasis of Citrus Fruit Penicillium[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2012, 27(2): 173—175.

[14] 刘方方，张浩. 柑橘涂膜保鲜剂的筛选和研究[J]. 食品工业科技, 2007(5): 208—210.
LIU Fang-fang, ZHANG Hao. Citrus Coating Preservation Agent Screening and Research[J]. Food Science and Technology, 2007(5): 208—210.

[15] PORAT R, DAUS A, WEISS B, et al. Reduction of Postharvest Decay in Organic Citrus Fruit by a Short Hot Water Brushing Treatment[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008(18): 151—157.

[16] 白茹, 邹本春. 紫外分光光度法测定水果蔬菜中维生素 C 含量测定[J]. 生物技术世界, 2013, 12(3): 57—59.
BAI Ru, ZOU Ben-chun. Determination of Vitamin C Content in Fruits and Vegetables by Ultraviolet Spectrophotometry[J]. Biotechnology World, 2013, 12(3): 57—59.

[17] 谭之磊. ε-聚赖氨酸及其复合材料的制备与抗菌性研究[D]. 天津: 天津大学, 2014.
TAN Zhi-lei. Preparation and Antibacterial Properties of ε-Polylysine and Its Composite Materials[D]. Tianjin: Tianjin University, 2014.

[18] 任艳芳, 刘畅, 何俊瑜, 等. 黄连壳聚糖复合涂膜保鲜剂对夏橙保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 291—294.
REN Yan-fang, LIU Chang, HE Jun-yu, et al. Rhizoma Coptidis Chitosan Coating Preservative Valencia Orange Preservation[J]. Food Science, 2012, 33(16): 291—294.

[19] 陶永元, 舒康云, 张春梅, 等. 茶多酚与壳聚糖复配溶液对樱桃的保鲜效果研究[J]. 食品研究与开发, 2014(8): 115—119.
TAO Yong-yuan, SHU Kang-yun, ZHANG Chun-mei, et al. Tea Polyphenols and Chitosan Complex Solution on the Preservation of Cherry[J]. Food Research and Developent, 2014(8): 115—119.

[20] 倪清艳, 李燕, 张海涛. ε-聚赖氨酸的抑菌作用及在保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2012, 29(9): 102—105.
NI Qing-yan, LI Yan, ZHANG Hai-tao. Antimicrobial Effect of ε-Polylysine and Its Application in Fresh Keeping[J]. Food Science, 2012, 29(9): 102—105.

[21] 李亚娜, 李瑞勇. 壳聚糖涂膜对圣女果的保鲜性能研究[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(3): 8—11.
LI Ya-na, LI Rui-yong. Study on the Preservation Performance of Chitosan Coatings on Shengnao Fruit[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(3): 8—11.

《纳米材料》特色栏目征稿函

纳米技术作为一种最具有市场应用潜力的新兴科学技术，其潜在的重要性毋庸置疑，纳米技术正成为各国科技界所关注的焦点。在国内，许多科研院所、高等院校也组织科研力量，开展纳米技术的研究工作，并取得了一定的研究成果，纳米技术基础理论研究和新材料开发等应用研究都得到了快速的发展，并且在各领域均得到了广泛的应用。在包装领域，纳米材料也得到了诸多应用。

鉴于此，本刊拟围绕“纳米材料”这一主线，作系列的专项报道。本刊编辑部特邀请纳米材料领域的专家为本栏目撰写稿件，以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主，也可为综述性研究，请通过网站投稿，编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话：023-68792294　　网址：www.packjour.com

《包装工程》编辑部