文章编号: 1673-1689(2010)03-0395-06

壳聚糖竹醋液复合膜抗菌活性及其应用

廖晓珊[1,2], 钟晓红*[1], 孟娟[2], 曾虹燕[2]
(1. 湖南农业大学 园艺园林学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湘潭大学 化工学院生物技术研究所, 湖南 湘潭 411105)

摘 要: 研究了壳聚糖竹醋液复合涂膜保鲜剂的抗菌抑菌性。测定了壳聚糖和竹醋液的复配液对细菌、霉菌的最低抑菌浓度, 并研究了不同浓度壳聚糖竹醋液的复配液对抑菌活性的影响, 从而得出最佳复配液组合为: 体积分数 0.6% 竹醋液和 1.0 g/dL 壳聚糖。以壳聚糖竹醋液复配液为主剂, 甘油为助剂制成纯天然绿色型的复合保鲜剂水溶液涂膜处理蕨菜, 常温存放进行保鲜实验。结果表明: 含复配液体积分数 1.5%, 体积分数甘油 0.6% 的涂膜保鲜剂浸泡蕨菜 3 次, 浸泡温度 30 ℃的条件下对蕨菜进行处理。保鲜 15 d 内, 蕨菜仍为绿色, 基本上保持了原有风味和营养成分, 无霉变。

关键词: 壳聚糖; 竹醋液; 抗菌性; 保鲜; 蕨菜
中图分类号: TS 201.3 文献标识码: A

Antimicrobial Properties and Application of Composite Film from Chitosan and Bamboo Vinegar

LIAO Xiao-shan[1], ZHONG Xiao-hong*[1], MENG Juan[2], ZENG Hong-yan
(1. College of Landscape Gardening and Horticulture, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, China; 2. Biotechnology Institute, College of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

Abstract: The antimicrobial properties of Compound film of Chitosan and bamboo vinegar were studied in this manuscript. The optimum combination of liquid mixtures with 0.6% bamboo vinegar and 1.0 g/dL chitosan was firstly determined by evulating thethe minimum concentration (MIC) and the inhibitory activity of the film. Compound preservations were made with chitosan and bamboo vinegar mixture as main reagents and glycerol as the auxiliary. The water solutions of the compound preservations with different concentrations were filmed on the surface of the bracken, and then preserved at room temperature. The results showed that the coating antistaling agent contained compound preservations 1.5% and glycerin 0.6% . Kept the bracken three time marinated into the coating antistaling agent at 30 ℃ temperature. The preserved bracken mainly kept its original taste and nutritious value, and remained green without mildew.
Key words: chitosan, bamboo vinegar, antimicrobial properties, bracken

收稿日期: 2009-05-10
基金项目: 国家农业公益性行业科研基金专项项目(200803036)。
* 通信作者: 钟晓红(1961-)女, 湖南华容县人, 工学博士, 教授, 博士生导师。主要从事果品采后加工及果蔬保鲜方向的研究。Email: xh-zhong@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

壳聚糖 (Chitosan) 是由甲壳素 (Chitin) 脱乙酰基制得的。由于其资源丰富, 无毒, 无污染且具有良好的生物相容性和生物可降解性以及抗菌、防腐、止血和促进伤口愈合等优良性能。壳聚糖有良好的抑菌性、保湿性和成膜性, 故作为纯天然无毒防腐剂和保湿剂广泛用于食品工业[1]。竹醋液是在竹炭生产过程中获取的液体产品, 含有多种有机成分, pH 在 2 5~ 3. 0, 醋酸含量在 2 0~ 6 0%, 含有多种活性成分, 具有除臭、杀菌等功效, 是良好的天然防腐剂[2]。

近年来, 关于壳聚糖抑菌效果的研究逐渐增多。壳聚糖是一种天然绿色的保鲜剂, 对真菌有抑制作用, 但相对霉菌的作用最弱[3]; 竹醋液也是一种良好的天然抑菌剂, 对细菌和霉菌均具有较强的杀灭作用, 竹醋液酸度高, 有利于增强壳聚糖的抑菌效果。研究了壳聚糖在天然抗菌剂竹醋液的协同作用下的抗菌抑菌性的影响, 并制成复合保鲜剂涂膜于蕨菜的表面, 以期延长蕨菜在室温下的贮藏时间和提高保鲜质量。

1 实验与材料

1. 1 材料及仪器

细菌: G^+ 菌[金黄色葡萄球菌 *(Staphylococcua aureus)* 枯草杆菌 *(Bacillus subtilis)*] G^-[大肠杆菌*(Escherichia coli)*; 真菌: 霉菌[青霉 *(Penicillium sp.)*、黄曲霉 *(Aspergillus flavous)*]和啤酒酵母*(Saccharomyces cerevisiae)* 由湘潭大学食品与生物工程系提供。壳聚糖购于青岛百成海洋资源公司, 脱乙酰度为 94% 以上, 相对分子质量 2. 6 × 10^5, 由精制竹醋液由浏阳竹器厂提供, 蕨菜采自湘潭市市郊。所用试剂均为分析纯。U-2001 型紫外分光光度计: 由日本日立公司生产。

1. 2 实验方法

1. 2. 1 菌株的培养 细菌培养: 将菌种活化后, 接种到蛋白胨培养液中, 在 37 ℃摇床培养 24 h (120 r/ min)。

真菌培养: 将菌种活化后, 接种到 PDA 琼脂培养基上, 置 28 ℃恒温培养箱中培养至菌种生长良好。用无菌水将孢子洗出, 配成孢子种子液 (OD_{630} 值 0. 77)。

1. 2. 2 最低抑菌浓度的测定 琼脂培养基加热熔化后调 pH 值为中性, 称取一定量壳聚糖, 分别溶解在 100 mL 不同浓度的竹醋液溶液中, 制成含不同质量浓度的平板, 使其质量浓度为 2 0、1. 5、1. 0、0 5 g/ dL, 然后涂布接种 0 2 mL 微生物种子液 (OD_{630} 值 0. 77), 将滤纸片轧成直径为 6 mm 的圆纸片, 灭菌后用镊子将滤纸片浸染各种浓度的壳聚糖溶液, 贴放于已接种过的平板培养基表面将平板置于恒温箱(细菌 37 ℃, 真菌 28 ℃) 中培养, 以浸有无菌水滤纸片作空白对照, 以上操作均在无菌条件下进行。

将上述已接种菌的平板分别在 12、24、36、48、60、72、84 h 观察微生物生长情况, 每一质量浓度作 5 组平行试验。用(-) 表示无抑菌圈; (+): 抑菌圈直径< 6 mm; (+ +): 6 mm < 抑菌圈直径< 8 mm; (+ + +): 抑菌圈直径> 8 mm。细菌和酵母在 12 h 时和霉菌在 24 h 时长出被视为无抑制微生物活性; 在 84 h 未有微生物长出视为完全抑制微生物, 以完全没有菌生长的最低浓度为最低抑菌浓度(MIC)。

1. 2. 3 复合涂膜保鲜剂的制备和蕨菜涂膜预处理

壳聚糖涂膜液的制备: 壳聚糖溶于竹醋液溶液中, 加入一定量的甘油作为增塑剂。

蕨菜涂膜预处理: 将蕨菜切去褐变的根部, 浸于涂膜液中 2 min, 自然风干。将已成膜的蕨菜放入保鲜袋内于室温下贮藏, 同时每隔 2 d 测其失重率和褐变指数, 保鲜天数为 15 d。

褐变指数[4]: 采用目测观察法, 以蕨菜褐变作为分级标准: 0 级: 蕨菜完好, 梗为绿色或紫色; 1 级: 褐变面积不超过总面积的 1/ 3; 2 级: 褐变面积不超过总面积的 1/ 2; 3 级: 褐变面积占总面积的 1/ 2~ 3/ 4; 4 级: 褐变面积大于 3/ 4 总面积; 5 级: 出现腐烂。

$$\text{褐变指数}(\%) = \frac{\sum_{\text{涤澳}}^{5}(\text{数量} \times \text{级数})}{\text{总数} \times \text{是高级数}} \times 100$$

$$\text{失重率}(\%) = \frac{\text{原质量} - \text{现质量}}{\text{原质量}} \times 100$$

1. 2. 4 VC 测定 滴定法[5] 测定蕨菜中的 VC。

2 结果与分析

2. 1 壳聚糖的 FT-IR 分析

如图 1 所示, 在波数为 3 440 cm^{-1} 左右是形成氢键缔合的- OH 伸缩振动吸收峰与- NH 的伸缩振动吸收峰重叠而增宽的多重吸收峰。壳聚糖分子中存在着大量的链内、链间氢键, 因氢键的长短和强弱不等, 使其伸缩峰出现在一较宽的频率范围内。壳聚糖在 3 440 cm^{-1} (ν O- H , ν NH_2), 2 919 cm^{-1} 和 2 880 cm^{-1} (ν C-H), 1 420 cm^{-1} (δ CH_2) , 1 151 cm^{-1} (ν C- O- C), 1 093 cm^{-1} (ν- CHOH -) 和 1 052 cm^{-1} (ν - CH_2OH) 均有明显红外吸收, 897 cm^{-1} 处的红外吸收是壳聚糖环状结构的振动吸

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

收[6]。

这些吸收峰都来自壳聚糖主链环状结构。壳聚糖抑菌的有效基团-NH^{3+} 可以与细菌细胞膜上的类脂一蛋白质复合物反应, 使蛋白质变性, 改变细胞膜的通透性, 或者与细菌细胞壁。尤其是革兰氏阳性菌, 细胞壁较厚, 结构紧密, 含有丰富的磷壁酸, 形成一个负电荷环境, 壳聚糖损坏细胞壁的完整性, 或使细胞壁趋于溶解, 直至细胞死亡[7]。

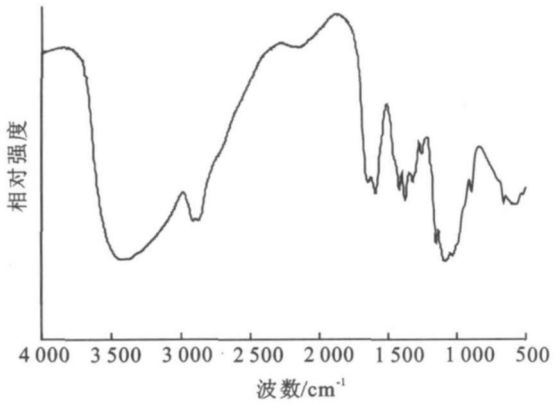


图 1　壳聚糖的红外图谱

Fig. 1　The FT-IR of Chitosan

2.2　壳聚糖复合液的最低抑菌浓度

在壳聚糖中添加适量竹醋液, 能够增效壳聚糖的抑菌性能。竹醋液是一种组成成分相当复杂的混合物, 其中所含有的 5-甲基-2-呋喃-甲醛[8] 通过破坏蛋白质的氢键或氨基, 使酶等蛋白质的活性丧失, 从而破坏微生物的正常代谢, 抑制了菌体的生长和繁殖。竹醋液还含有醋酸和苯甲酸等有机酸, 对细菌和真菌均有抑制作用。研究表明酸性条件有利于增强壳聚糖的抑菌效果[9]。

表 1 中(*) 表示最低抑菌浓度, 与壳聚糖相比体积分数 0.6% 的竹醋液和 1.0 g/dL 浓度的壳聚糖复配后的抑细菌活性和抑制黄曲霉菌活性大大提高, 但对啤酒酵母的抑菌活性较低。结果表明, 加入一定浓度的竹醋液, 提高了复配液对细菌和黄曲霉菌的抑制活性, 大大提高了对细菌的抑制活性, 抑菌活性优于单纯使用壳聚糖或竹醋液。复配液对黄曲霉菌的抑制效果比单纯壳聚糖的抑制效果好, 这可能与文献报道的[10] 竹醋液中所含的醛类化合物可直接使黄曲霉菌体蛋白质或酶变性, 或破坏菌体细胞结构引起代谢紊乱、降低细胞膜通透性、影响菌体对营养物质的吸收与利用有关。

用 1 g/dL 壳聚糖浓度和体积分数 0.6% 竹醋液浓度配成复合保鲜剂的抑菌作用较强, pH 值适中, 为壳聚糖竹醋液复合涂膜保鲜剂抑菌的最佳配比。随着复配液的浓度升高, 复配液的 pH 值逐渐减小, 对细菌和真菌的抑制作用并无显著增强。一般保鲜剂的 pH 值在 pH4~5 之间, 过低 pH 值的复配液的并不适用果蔬的保鲜。从结果中可知一定浓度的壳聚糖和酸性的竹醋液之间有着良好的协同增效作用, 所以壳聚糖复配液比单纯的壳聚糖或竹醋液溶液在对细菌和真菌的抗菌抑菌方面具有更大的优越性。

表 1　壳聚糖竹醋液复合液的最低抑菌浓度(MIC)

Tab. 1　Minimum inhibitory concentration (MIC) of chitosan and Bamboo Vinegar Compound film

竹醋液体积分数/%	壳聚糖质量浓度/(g/dL)	抑菌时间/h					pH
		金黄色葡萄球菌	枯草杆菌	大肠杆菌	黄曲霉	啤酒酵母	
0.2	2.0	++	++	++	+	+	6.18
	1.5	+	+	+	48	+	6.18
	1.0	48	24	12	–	24	6.16
	0.5	–	–	–	–	–	6.16
0.4	2.0	++	++	++	+	+	6.15
	1.5	+	+	+	+	+	6.14
	1.0	48	48	24	84	+	6.12
	0.5	–	–	–	48	72	6.10
0.6	2.0	+++	+++	+++	++	+	5.96
	1.5	++	++	++	+*	+	5.87
	1.0	+*	+*	+*	48	+*	5.84
	0.5	84	84	48	–	60	5.60

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

续表 1

竹醋液质量分数/%	壳聚糖质量浓度/(g/dL)	抑菌时间/h					pH
		金黄色葡萄球菌	枯草杆菌	大肠杆菌	黄曲霉	啤酒酵母	
0.8	2.0	+++	+++	+++	++	+	5.54
	1.5	++	++	++	+	+	5.56
	1.0	+	+	+	48	+	5.68
	0.5	24	24	48	–	12	5.60
0	2.0	++	++	++	+	+	6.20
	1.5	+	+	+	48	72	6.22
	1.0	24	24	12	–	–	6.24
	0.5	–	–	–	–	–	6.24
0.8	0	+	+	+	+	+	5.30
0.6		84	84	72	+	+	5.36
0.4		48	48	24	24	60	5.42
0.2		–	–	–	–	–	5.44
0	0	–	–	–	–	–	7.00

注:(–) 表示无抑菌圈;(+):抑菌圈直径< 6 mm;(++):6 mm < 抑菌圈直径< 8 mm;(+++):抑菌圈直径> 8 mm
表中* 代表最低抑菌浓度

2.3 复合涂膜保鲜剂的抗菌保鲜

本文结合壳聚糖和竹醋液的优良特性,以壳聚糖竹醋液复配液为主剂,甘油为助剂制成复合保鲜剂。甘油作为增塑剂添加到保鲜剂中,使膜的完整性加强。壳聚糖单纯膜性脆,韧性小,加入一些增塑剂能改善其膜性能[11]。甘油对人体无毒无害,而且分子量和同类型的增塑剂(如聚二乙醇)相比较小,其对膜的增塑作用更强,更加符合纯天然绿色的复合保鲜剂的要求。

综合指标(E) = 70% × 褐变指数+ 30% × 失水率

将复配液(A)、甘油(B)、温度(T)和重复浸泡涂膜次数(D)进行四因素 L16(4^5)正交实验,另设空白对照组。根据失水率和褐变指数在贮藏期间保鲜的重要程度确定保鲜综合指标(E),并以该指标评价复合保鲜剂的保鲜效果。采用正交试验法优化配比,优选最佳浓度配比的复配液和甘油浓度制成复合保鲜剂。

从表 2 看出,影响涂膜效果因素的主次顺序为复配液> 甘油> 重复浸泡涂膜次数> 温度。另对照组的失重率为46%,褐变指数为 100%,综合指标为 82.8%,该复合保鲜剂保持水分和抗褐变的能力显著高于对照组。在最佳条件($A_2B_3C_3D_3$)下,追加 3 次验证,其保鲜综合指标分 32.02%,33.18%和34.56%,平均为 33.25%。因此确定实验用体积分数 1.5% 的复配液和 0.6% 的甘油增塑剂配制成涂膜液,在 30℃ 温度下将蕨菜浸入涂膜液 3 次,可达到其最佳保鲜效果。同时,对刚采摘的新鲜蕨菜和涂膜处理的蕨菜中的 VC 含量进行测定,并以未经任何处理的蕨菜作为对照组,新鲜蕨菜、涂膜处理蕨菜和对照组的 VC 质量分数分别为 26.842、8.052 和 6.321 mg/100g。新鲜蕨菜的 VC 质量分数最高,达 25mg/100g(鲜重)以上。随着贮藏时间的延长,涂膜组和对照组的 VC 质量分数均明显减少。但涂膜组的蕨菜的 VC 质量分数损失略少于对照组,说明壳聚糖复合保鲜剂涂膜对还原型 VC 有一定的保护。

表 **2** 复合保鲜剂正交涂膜试验的结果

Tab. 2 Membrane of compound coating antistaling agent′s result of orthogonal design

水平	因素				失重率%	褐变指数%	E
	A(w/v)	B(w/v)	T(℃)	D(n)			
1	1.0	0.4	30	3	20.17	45	26.22
2	1.5	0.8	20	2	13.14	40	31.94
3	2.0	0.8	30	4	13.70	52	40.51

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 2

水平	因素				失重率%	褐变指数%	*E*
	A (w/v)	*B*(w/v)	*T*(℃)	*D*(n)			
4	2.5	0.4	20	1	18.64	45	37.09
5	1.0	0.6	20	4	15.98	40	32.79
6	1.5	0.2	30	1	18.18	40	33.45
7	2.0	0.2	20	3	17.41	45	36.72
8	2.5	0.6	30	2	19.08	40	33.72
9	1.0	0.2	35	2	21.05	50	41.32
10	1.5	0.6	25	3	15.30	35	29.09
11	2.0	0.6	35	1	13.82	40	32.15
12	2.5	0.2	25	4	20.28	36	31.28
13	1.0	0.8	25	1	19.41	45	37.32
14	1.5	0.4	35	4	20.55	40	34.17
15	2.0	0.4	25	2	18.90	45	37.17
16	2.5	0.8	35	3	18.13	48	39.04
K_1	34.41	35.69	34.64	35.00			
K_2	32.16	38.92	33.72	36.03			
K_3	36.64	33.66	33.48	32.77			
K_4	35.28	37.20	36.67	34.69			
R_1	7.51	5.26	3.19	3.26			

3　结　语

壳聚糖竹醋液复合涂膜保鲜剂对 G^+ 菌、G^- 菌、黄曲霉菌和酵母菌均有较强的抑菌作用, 其中壳聚糖对细菌的抑制作用大于竹醋液; 而竹醋液对真菌的抑制效果方面强于壳聚糖的抑制效果, 竹醋液在复合涂膜保鲜剂中更是对壳聚糖的抗菌抑菌性起到协同增效的作用。用 1 g/dL 壳聚糖浓度和体积分数 0.6% 竹醋液浓度配成复合保鲜剂的抑菌作用较强, pH 值适中, 为壳聚糖竹醋液复合涂膜保鲜剂抑菌的最佳配比。当壳聚糖复配液的浓度逐渐升高后, 对细菌和真菌的抑制作用并无增强。

以壳聚糖竹醋液复配液为主剂, 加入甘油为助剂配置成复合保鲜剂, 对蕨菜进行涂膜保鲜试验。研究结果表明: 随着贮藏时间的延长, 水分、维生素 C 含量不断下降, 经保鲜剂处理过的蕨菜含水量、维生素 C 的含量均高于对照。最佳组合为复配液 1.5 g/dL, 甘油 0.6 g/dL, 浸泡温度 30 ℃, 浸泡次数 3 次。的复合保鲜剂为纯天然绿色的复合保鲜剂, 对人体无毒无害并且对蕨菜有较好的保鲜效果。在保鲜 15 d 内, 随着贮藏时间的延长, 水分、VC 含量不断下降, 但经复合保鲜剂处理过的蕨菜含水量、VC 的质量分数均高于对照, 延缓蕨菜褐变的发生, 从而延长蕨菜的货价保藏期。

参考文献(References):

[1] 刘碧源, 高仕英. 壳聚糖及其衍生物的抗微生物活性研究进展[J]. 中国生化药物杂志, 2003, 24(5): 268-270.
LIU Bi-yuan, GAO Shi-ying. Progress of research on antimicrobial activity of chitosan and its derivative[J]. **Chinese Journal of Biochemical Pharraaceutic,** 2003, 24(5): 268-270. (in Chinese)

[2] 马良进, 张昕, 陈晓玲等. 竹醋液与杀菌剂混配的抑菌效果[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(8): 29-42.
MA Liang-jin, ZHANG xin, CHEN Xiao-ling, et al. Inhibition efrect of bamboo vinegar mixed with fungicide[J]. **Journal of Northeast Forestry University,** 2008, 36(8): 29-42. (in Chinese)

[3] 夏文水, 张帆, 何新益. 甲壳低聚糖抗菌作用及其在食品保藏中的应用[J]. 无锡轻工业大学学报, 1998, 17(4): 10-14.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

XIA Wen-shui, ZHANG Fan, HE Xin-yi. Antimicrobial of chitooligosaccharjdes and its application to food preservation [J]. **Journai of WuXi Unvercity of light industry,** 1998, 17(4): 10- 14. (in Chinese)

[4] 吴锦铸, 张昭其. 果蔬保鲜与加工[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

[5] 王云霞, 张会轻, 郭磊. 滴定法测定维生素 C 含量[J]. 河北化工, 2008, 31(8): 72- 73.
WANG Yun-xia, ZHANG Hui-qing, GUO Lei. The discussion of titrimetric method of vitamin C content[J]. **Hebei Chemical Engineering and Industry,** 2008, 31(8): 72- 73. (in Chinese)

[6] 姚倩, 孙涛, 徐轶霞, 等. 壳聚糖/壳寡糖衍生物的制备及其抗氧化性能研究[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(2): 188 - 191.
YAO Qian, SUN Tao, XU Yi-xia, LIU Yan-yang. Preparation of chitosan/chitosan oligosaccharide derivatives and their antioxidant activities[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology,** 2009, 28(2): 188- 191. (in Chinese)

[7] 成庆利. 壳聚糖的结构及抗菌作用研究进展[J]. 生物技术, 2006, 16(4): 88- 90.
CHENG. Qing-li. Research on the structure and antimicrobial activity of chitosan and its derivatives[J]. **Biotechnology,** 2006, 16(4): 88- 90. (in Chinese)

[8] 罗曼, 邹国林. 柠檬醛抑制黄曲霉生长相关机理的研究[J]. 武汉大学学报(理学版), 2001, .
LUO Man, ZOU Guo-lin. Study of the relative mechanism for citral antigrowth to aspergillus flavus[J]. **Wuhan University Journal(Natural Science Edition),** 2001, 47(6): 745- 751. (in Chinese)

[9] 王科兵, 王芳宇. 壳聚糖及其衍生物抗菌作用的研究进展[J]. 临床军医杂志, 2007, 35(6): 937- 939.
WANG Ke-bing, WANG Fang-yu. Antimicrobial properties of chitosan and its derivatives research progress[J]. **Clin J Med office,** 2007, 35(6): 937- 939. (in Chinese)

[10] 徐小平, 李忠琴, 欧敏瑞等. 竹沥组分分析及抑菌作用[J]. 无锡轻工大学学报. 2004, 23(1): 37- 44.
XU Xiao-ping, Li Zhong-qin, et al. Analysis of bamboo vinegar and its antimicrobial actions[J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry,** 2004, 23(1): 37- 44. (in Chinese)

[11] 王秀娟, 张坤生. 增塑剂对壳聚糖膜性能的影响[J]. 食品研究与开发. 2008, 29(9): 7- 10.
WANG Xiu-juan, Zhang Kun-sheng. Study on ultrasonic extractionmethod of red plgment in pyracantha fortuneana, 2008, 29(9): 7- 10. (in Chinese)

(责任编辑: 杨萌)

《江南大学学报(自然科学版)》

征稿、征订启事

《江南大学学报(自然科学版)》(双月刊)是由教育部主管、江南大学(国家"211 工程"重点建设高校)主办的自然科学类学术期刊。本刊主要刊载通信与控制工程、信息工程、机械工程、产品系统设计理论、纺织工程、应用化学、材料工程、土木工程、数理科学等学科的学术论文、研究报告,以及反映学科前沿研究动态的高质量综述。

本刊优先刊登国家自然科学基金和省部级及其以上科研项目析出论文,同时发表与企业及生产实际密切相关的应用性研究成果。热忱欢迎广大高校教学、科研人员及相关领域的专家、学者,在读硕士、博士研究生赐稿。

本刊为 A4 开本, 128 页, 每册订价 8.00 元; 全年共 6 期, 48.00 元; 本刊邮发代号: 28- 189, 全国各地邮局均可订阅, 亦可向本刊编辑部直接订购。本刊可破季订阅。热忱欢迎广大读者订阅本刊。

邮编: 214122

电子邮箱: xbzrkx@jiangnan.edu.cn

地址: 江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号

电话: 0510- 85913519

《江南大学学报(自然科学版)》编辑部

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net