

肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨的研制

陈海生, 皮阳雪, 李娜, 付文婷
(中山火炬职业技术学院, 中山 528436)

摘要: **目的** 为了满足食品包装对油墨安全性的要求, 研制一种具有缓释抗菌特性的水性油墨。 **方法** 以 β -环糊精为包埋材料, 采用超声波法制备肉桂精油微胶囊, 设计 $L9(3^4)$ 正交实验方案, 研究芯材 (肉桂精油) 与壁材 (β -环糊精) 的质量比, 壁材与水的质量比, 反应转速, 反应时间等对包埋率的影响。以制备的肉桂精油微胶囊为抗菌剂, 辅以水性丙烯酸酯树脂、颜料、填料、水及各类助剂制备抗菌水性油墨, 选用大肠杆菌和青霉菌检测油墨的抗菌性。 **结果** 确定了超声波法制备肉桂精油微胶囊的最佳工艺条件, 芯壁质量比为 1:5, 壁材与水的质量比为 1:8, 反应转速为 2000 r/min, 时间为 6 min, 此条件下可制备包埋率为 33.88% 的肉桂精油微胶囊。抗菌性检测结果表明, 肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨对大肠杆菌和青霉菌均有显著的抑制作用, 当肉桂精油微胶囊质量分数为 7% 时, 对大肠杆菌和青霉菌的抑菌圈直径分别为 24 mm 和 17 mm。 **结论** 通过添加肉桂精油微胶囊, 可制备具有显著抗菌性的水性油墨, 提升了水性油墨在食品包装方面的应用价值。

关键词: 肉桂精油; 水性油墨; 超声波法; 抗菌

中图分类号: TS802.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)15-0067-05

Preparation of Cinnamon Essential Oil Microcapsule Antibacterial Water-based Ink

CHEN Hai-sheng, PI Yang-xue, LI Na, FU Wen-ting
(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

ABSTRACT: The work aims to prepare a water-based ink with sustained-release antimicrobial properties, in order to meet the safety requirements of ink for food package. With β -Cyclodextrin (β -CD) used as packaging material, the cinnamon essential oil microcapsules were prepared by ultrasonic method. The influences of the mass ratio of core (cinnamon essential oil) to wall (β -CD), the mass ratio of wall to water, reaction speed and reaction time on the embedding rate were studied through $L9(3^4)$ orthogonal test. Antibacterial water-based inks were prepared by using the prepared cinnamon essential oil microcapsules as antibacterial agent, and adding water-based acrylic resin, pigments, fillers, water and various additives as the ingredients. Escherichia coli and penicillin were selected to test the antibacterial properties of the inks. The optimum technological conditions for the preparation of cinnamon essential oil microcapsules by ultrasonic method were as follows: the mass ratio of core to wall was 1:5, the mass ratio of wall to water was 1:8, the reaction speed was 2,000 r/min and the reaction time was 6 min. Under these conditions, the cinnamon essential oil microcapsules with the embedding rate of 33.88% could be prepared. The antimicrobial test showed that the antibacterial water-based ink of cinnamon essential oil microcapsule had obvious inhibition effect on Escherichia coli and penicillin. When the mass fraction of cinnamon essential oil microcapsule was 7%, the inhibition zone diameters of Escherichia coli and penicillin were respectively 24 mm and 17 mm. Water-based inks with significant antibacterial properties can be prepared by adding cinnamon essential oil microcapsules, which will improve the application value of water-based inks in food package.

KEY WORDS: cinnamon essential oil; water-based ink; ultrasonic method; antibacterial

当人们与印刷品接触时, 就容易受到印刷油墨中有害成分的危害。为了解决油墨对人体的危害, 油墨

企业开发了具有环保特性的水性油墨替代了传统的溶剂型油墨, 减少了 VOC 的排放, 极大地保护了环

收稿日期: 2016-11-23

基金项目: 中山市社会公益重大专项 (2017B1022)

作者简介: 陈海生 (1980—), 男, 硕士, 中山火炬职业技术学院副教授, 主要研究方向为印刷包埋材料及数字防伪。

境。水性油墨是以水为主要溶剂,添加水溶性树脂、颜料、填料和各类助剂经分散研磨而成的一种环保油墨^[1-2]。由于其不含有机溶剂,减少了对环境的排放,成为美国食品药品协会唯一认定的环保油墨,目前广泛应用于食品、药品、化妆品的包装印刷领域。尽管水性油墨可以解决油墨的污染问题,但是快递在运输过程中会接触各类粉尘和细菌,这些因素也会影响人们的身体健康。如果油墨不仅可以用来印刷物品信息,还能抑制细菌生长,那么必将为人们的生活带来巨大的福祉。抗菌油墨的诞生,为人们指明了方向。抗菌油墨是向油墨配方中添加具有抗菌特性的物质,在保证油墨基本性能不变的情况下,具备一定抗菌性的一种功能型油墨。

目前,抗菌物质总体上可分为3类:无机、有机和合成^[3-6]。无机抗菌物质一般是一些具有抗菌特性的金属及其氧化物,如银和二氧化硅等,这类物质加入到油墨中后,较难形成混杂体系,干燥后墨层的耐磨性较差^[7-8]。合成抗菌物质往往生产工艺复杂,成本费用较高,实际应用不太理想。肉桂精油是一类天然的有机抗菌物质,来源于肉桂植物,具有沸点低、易挥发的特点。将其应用到抗菌油墨中,不仅可以降低生产成本,还能提高抗菌效率^[9-10]。由于肉桂精油易挥发,如果直接加入到油墨中,不仅难以溶解,还会降低抗菌性。 β -环糊精具有“外亲水,内疏水”的特殊结构,而且无毒环保,可对多种芯材进行包合^[11-12],因而该实验采用 β -环糊精包埋技术将肉桂精油制备成微胶囊,确定制备的最佳工艺,并将其应用于水性油墨,检测油墨的抗菌性,为今后抗菌油墨的研发提供了一定的理论指导。

1 实验

1.1 器材

仪器:JY98-IIIDN型超声波细胞粉碎机、GZX-9246MBE型电热恒温鼓风干燥烘箱、DZF-6020型真空干燥箱、JB-CJ-1500FX型洁净工作台、HHS型电热恒温水浴锅、AL204型电子天平、ZFS型高速分散机、DHP-9082型电热恒温培养箱、UV-1800型紫外分光光度计、LC-P20型偏心盘式砂磨机、QXD型刮板细度计、LVDV-11+型粘度计、SPMN60型光泽度计、LC-162B型冰箱。

材料:肉桂精油(CP),广州恒信香料有限公司; β -环糊精(AR),国药集团化学试剂有限公司;水性丙烯酸酯乳液(工业级,粘度为 $0.4 \sim 0.8 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ (NDJ-1, 25°C),固含量为 $(45 \pm 1)\%$, pH为 (8.5 ± 0.5)),东莞市鑫茂化工有限公司;分散剂,十二烷基硫酸钠(CP),广东光华化学有限公司;填料,碳酸钙(工业级),台山市奥乔试剂有限公司;颜料,炭黑(工业级),

广州市飞螺化工颜料有限公司;消泡剂,硅油(AR),广州欧帝化工有限公司;助溶剂,乙醇胺(AR),阿拉丁化学有限公司;润湿剂,烷基酚聚氧乙烯醚(CP),德国科宁有限公司;增稠剂,羧甲基纤维素(AR),广州东红化工厂;无水乙醇(AR),氨水(25%),南京化学试剂有限公司;水性油墨,广州市三国水性油墨有限公司;大肠杆菌、青霉菌,华南理工大学轻工与食品学院;蛋白胨、牛肉膏,AR,济宁佰一化工有限公司;培养基,琼脂粉(AR),伟达化工有限公司;氯化钠(AR),广州东红化工厂;马铃薯,市售;纯净水,自制。

1.2 实验过程

1)培养基的制备。大肠杆菌培养基:取琼脂粉15 g,蛋白胨10 g,牛肉膏3 g,氯化钠5 g混合于1000 mL锥形瓶中,加水至1000 mL,调整pH在 $7.4 \sim 7.6$, 121°C 下灭菌处理30 min留用。PDA培养基:马铃薯去皮切丁,取200 g,加700 mL纯净水,煮沸30 min,加入15 g琼脂,20 g蔗糖,溶化后补足水至1000 mL, 121°C 条件下灭菌处理30 min,置于1000 mL锥形瓶中^[13]。

2)正交实验制备肉桂精油微胶囊。按照正交实验的方案,称取一定量的 β -环糊精溶于适量的蒸馏水中,搅拌使其形成 β -环糊精饱和溶液;取适量的肉桂精油按照合适的比例溶解于无水乙醇中,制成肉桂精油-乙醇混合溶液。随后将肉桂精油-乙醇混合溶液在超声波细胞粉碎机的处理下逐滴滴入到壁材溶液中,反应结束后,在 80°C 条件下保温1 h。待冷却至室温后,放入冰箱中冷却静置24 h,保持温度为 -4°C ,随后对产品进行真空抽滤,用少量去离子水和乙醇溶液清洗滤渣。最后将其置于烘箱中干燥,设定温度为 50°C ,待质量不再发生变化,即得产物^[14-16]。

3)肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨的研制。抗菌水性油墨的参考配方(质量分数):水性丙烯酸酯30%~60%,水+乙醇为20%~50%,肉桂精油微胶囊为1%~10%,炭黑为10%~20%,碳酸钙为1%~5%,十二烷基硫酸钠为0.1%~0.5%,乙醇胺为1%~3%,烷基酚聚氧乙烯醚为0.1%~0.5%,羧甲基纤维素为0.1%~0.5%,氨水为1%~3%,硅油为0.1%~0.5%。将肉桂精油微胶囊、水性丙烯酸酯乳液、颜料、填料及助剂称量后置于洁净烧杯中,用高速分散机在3000 r/min条件下分散1 h,随后用砂磨机研磨,即可制得水性抗菌油墨^[17]。

1.3 实验检测

1)肉桂精油包埋率的测定。参照文献^[18-19]的方法,按照式(1)计算。

$$\text{包埋率} = \left[1 - \frac{\text{微胶囊表面精油质量}}{\text{微胶囊总的精油质量}} \right] \times 100\% \quad (1)$$

2) 肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨综合性能的测定。参照 GB/T 13217.4—2008《液体油墨粘度检验方法》测试油墨的粘度；参照 GB/T 13217.3—2008《液体油墨细度检验方法》测试油墨的细度；参照 GB/T 13217.5《液体油墨初干性检验方法》测试油墨的初干性；参照 GB/T 13217.2—2009《液体油墨色光泽方法》测试油墨的光泽度；参照 GB/T 1733—1993《漆膜耐水性测定法》测试油墨的耐水性等级（1 级，严重变色；2 级，明显变色；3 级，稍微变色；4 级，基本不变色；5 级，不变色）；参照 GB/T 7706-2008《凸版装潢印刷品》测试墨层的耐磨性。

3) 抗菌性检测。取 0.1 mL 的肉桂精油胶囊抗菌水性油墨滴在直径 10 mm 的圆形白卡纸片上，将圆形纸片放在涂满细菌的表面皿上，置于电热恒温培养箱中培养 24 h，设定温度为 37 ℃，随后测试圆形纸片外围无菌区域的直径，以此作为抑菌圈的直径。同时做 2 组对照实验，一组直接将肉桂精油微胶囊加入到市售的 W 水性油墨中，一组为市售的 W 水性油墨，按照相同的实验方法，检测其抗菌性。

2 结果与讨论

2.1 正交结果分析

分别取芯材（肉桂精油）与壁材（β-环糊精）的质量比（芯壁比）、壁材与水的质量比（壁水比）、反应转速、反应时间为实验的 4 个因素，其中芯壁比设定为 1：4, 1：5, 1：6 等 3 个水平；壁水比设定为 1：8, 1：9, 1：10 等 3 个水平；反应转速设定为 1000, 2000, 3000 r/min 等 3 个水平；反应时间设定为 4, 5, 6 min 等 3 个水平，分别测试不同组合下的包埋率，结果见表 1。

以包埋率为指标，对各因素进行极差分析，最终得芯壁比，壁水比，反应转速，反应时间的极差分别为 5.11, 5.05, 3.81, 11.72。可见，正交实验各因素对肉桂精油微胶囊包埋率的影响顺序为：时间>芯壁比>壁水比>转速。反应时间决定了反应进行的充分程度，

表 1 L₉(3⁴)正交设计实验结果
Tab.1 Experimental schemes and results of L₉(3⁴) orthogonal experiment

编号	芯壁比	壁水比	转速	温度	包埋率/%
1	1	1	1	1	14.27
2	1	2	2	2	17.52
3	1	3	3	3	21.63
4	2	1	2	3	33.88
5	2	2	3	1	16.57
6	2	3	1	2	15.21
7	3	1	3	2	21.98
8	3	2	1	3	28.64
9	3	3	2	1	18.15

通常时间越长，反应越完全，因而包埋率越高。当芯壁比较低时，壁材含量少，反应时容易发生包覆不完全现象，从而降低了包埋率；但是过高的芯壁比，容易使体系粘度增大，对包埋反应不利。壁水比决定了反应体系的浓度，壁水比过低，β-环糊精溶解不完全，降低了芯壁比，反之如果芯壁比过高，又会降低 β-环糊精溶液的浓度，影响反应进程。转速对包埋率的影响较小，这是因为实验选取的转速相对较高，转速越高，芯壁接触面积越大，反应效率越高，但是过高的转速会使溶液体系温度迅速上升，高温会促使分子热运动加剧，一方面促进了肉桂精油对 β-环糊精的渗透，另一方面也会加剧肉桂精油自身的挥发，因而合适的转速对反应至关重要。综合表 1 和极差分析可得肉桂精油微胶囊制备的最佳条件：芯壁质量比为 1：5，壁水质量比为 1：8，转速为 2000 r/min，反应时间为 6 min，此时肉桂精油微胶囊的包埋率可达 33.88%。

2.2 水性抗菌油墨的综合性能测试结果

水性抗菌油墨主要应用于柔版和凹版印刷，除了具备抗菌的特性，还应满足基本的印刷要求，因此实验对油墨的粘度、细度、光泽度、初干性、抗水性、耐磨性等指标进行了测试，并与市售的 W 水性油墨进行了性能对比，结果见表 2。

表 2 实验制备的油墨与 W 水性油墨性能对比
Tab.2 Performance comparison between ink prepared by experiment and W's ink

项目	粘度/(mPa·s)	细度/μm	光泽度/%	初干性/(mm·(30 s) ⁻¹)	抗水性	耐磨性/%
实验制备的油墨	32.4	10	85	15	4	100
W 水性油墨	30.5	10	80	10	4	100

由表 2 可知，实验制备的水性抗菌油墨与市售的油墨具有相同的细度、抗水性和耐磨性，细度仅为 10 μm，抗水性可达 4 级，耐磨性为 100%，基本满足水性油墨的抗水性要求。尽管粘度略高于市售油墨，但光泽度和初干性均优于市售油墨，这是由树脂的特性决定，树脂是油墨的成膜物质，决定了膜层的光泽

度及油墨的干燥性。

2.3 肉桂精油微胶囊的含量对水性油墨抗菌性能的影响

保持油墨的基本配方不变，分别取质量分数为 0, 1%, 3%, 5%, 7%, 9%的肉桂精油微胶囊加入到水性

油墨中,制成抗菌水性油墨。研究肉桂精油微胶囊的添加量对水性油墨的抗菌性影响,结果见图1。由图1可知,当肉桂精油微胶囊含量逐渐增多后,抗菌水性油墨对大肠杆菌和青霉菌的抑菌圈直径逐渐增大。当肉桂精油微胶囊质量分数小于3%时,抑菌圈直径增长缓慢,当添加肉桂精油微胶囊质量分数超过3%后,抑菌圈直径几乎呈线性上升,可见较高的肉桂精油微胶囊添加量可获得较高的抗菌效果。肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨对大肠杆菌的抑菌作用强于对青霉菌的抑菌作用,这可能是由于大肠杆菌属于细菌,而青霉菌属于真菌,细菌的组成与真菌略有不同,可见肉桂精油微胶囊对细菌有较强的杀伤能力。通常认为,当抑菌圈直径大于15 mm,即可认为抑菌效果显著,因此,肉桂精油微胶囊的最佳质量分数定为7%。

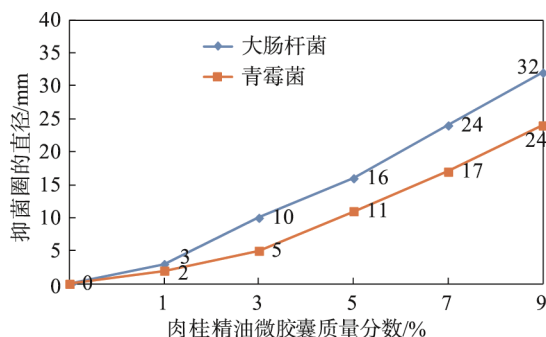


图1 肉桂精油微胶囊添加量对水性油墨抗菌性的影响
Fig.1 Effect of microencapsulation of cinnamon essential oil on antibacterial activity of water-based ink

2.4 肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨的抗菌性检测

按照1.3节中性能检测的方法,测试各组试样的抑菌圈直径,结果见图2—4。由图2可知,直接将W水性油墨置于长满菌落的培养皿中,大肠杆菌和青霉菌的生长几乎不受任何影响,圆形纸片外无菌区域的直径为0,可见W水性油墨不具有抗菌性能。

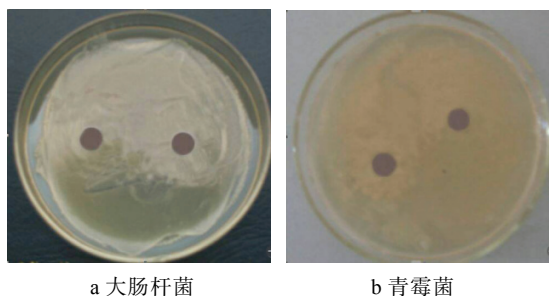


图2 W水性油墨对大肠杆菌和青霉菌的抑菌作用
Fig.2 Antibacterial effect of W water-based ink on Escherichia coli and Penicillium

由图3可知,当向W水性油墨中加入质量分数为7%的肉桂精油微胶囊后,大肠杆菌和青霉菌的生长受到了明显的抑制作用。经测量发现,圆形纸片外无菌区的直径分别为11 mm和9 mm,可见肉桂精油微胶囊具有显著的抗菌性。

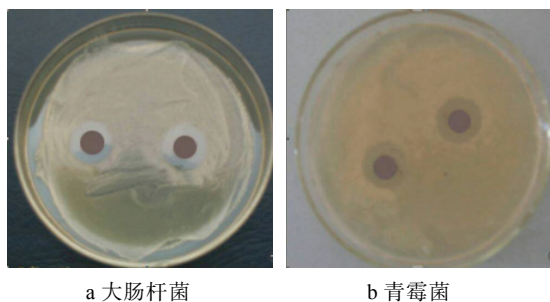


图3 加入微胶囊的W水性墨对大肠杆菌和青霉菌的抑菌作用

Fig.3 Antibacterial effect of W water-based ink with microencapsulation on Escherichia coli and Penicillium

由图4可知,当肉桂精油微胶囊质量分数为7%时,抗菌油墨对大肠杆菌和青霉菌均有较好的抑菌效果,经测定,肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨对大肠杆菌的抑菌圈直径为24 mm,对青霉菌的抑菌圈直径为17 mm。相比图3结果,抑菌圈直径有了较大幅度提升,这是由于该油墨配方中添加了一定量的乙醇为溶剂,乙醇也具有一定的杀菌能力。

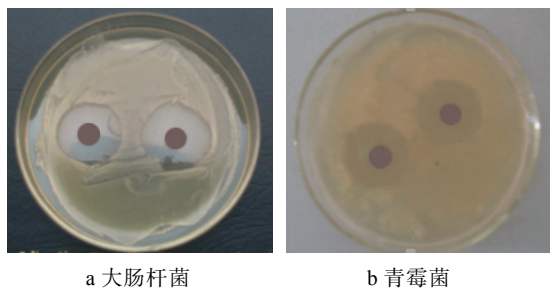


图4 抗菌水性油墨对大肠杆菌和青霉菌的抑菌作用
Fig.4 Antibacterial effect of antibacterial water-based ink on Escherichia coli and Penicillium

3 结语

以 β -环糊精为包埋材料,采用超声波法制备肉桂精油微胶囊,通过正交实验考察了芯壁质量比、壁水质量比、反应转速和时间对肉桂精油微胶囊包埋率的影响,确定了超声波法制备肉桂精油微胶囊的最佳工艺:芯壁质量比为1:5,壁水质量比为1:8,转速为2000 r/min,反应时间为6 min,可制得包埋率为33.88%的肉桂精油微胶囊。以制备的肉桂精油微胶囊为抗菌添加剂,制备抗菌水性油墨,测试了油墨的粘度、细度、光泽度、初干性、抗水性和耐磨性等指标,与市售的成品水性油墨进行对比,实验制备的抗菌水性油墨具备更高的光泽度和干燥性。探讨了肉桂精油微胶囊的添加量对水性油墨抗菌性的影响,结果表明,当添加质量分数为7%时,肉桂精油微胶囊抗菌水性油墨对大肠杆菌和青霉菌均有较好的抑菌作用,抑菌圈直径分别为24 mm和17 mm。通过浆内添加抗菌物质使油墨获得抗菌特性,并结合水性油墨的环保特性,研制抗菌水性油墨,可极大地提升水性油墨

的应用范围,增加商业印刷的附加值。

参考文献:

- [1] TANG Yan-jun, HU Xiu-lan, ZHANG Xin-qi, et al. Chitosan/titanium Dioxide Nanocomposite Coatings: Rheological Behavior and Surface Application to Cellulosic Paper[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 151: 752—759.
- [2] 娄丽丽, 蒋平平, 夏嘉良, 等. 水性油墨研究现状[J]. 化工新型材料, 2013, 41(1): 9—11.
LOU Li-li, JIANG Ping-ping, XIA Jia-liang, et al. Research Status of Water-based Ink[J]. New Chemical Materials, 2013, 41(1): 9—11.
- [3] CHAN K K, KIM S S, KIM S, et al. Antibacterial Cotton Fibers Treated with Silver Nanoparticles and Quaternary Ammonium Salts[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 151: 1012—1018.
- [4] PENG Ling-hui, GUO Rong-hui, LAN Jian-wu, et al. Microwave-assisted Deposition of Silver Nanoparticles on Bamboo Pulp Fabric Through Dopamine Functionalization[J]. Applied Surface Science, 2016, 386: 151—159.
- [5] GYUSUN, KYUNG, SEONGHYUK, et al. A Study of Antibacterial Paper Packaging Material Coated with Chitosan-Ag Nanocomposite Prepared by Green Synthesis[J]. Palpu Chongi Gisul/Journal of Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 2014, 46(2): 8—15.
- [6] GENG X L, FILIPE C, PELTON R, et al. Antibacterial Paper from Photocatalytic TiO₂[J]. Appita Journal, 2008, 61(6): 456—460.
- [7] CHUN, DAVID T W, FOULK J A. Antibacterial Properties and Drying Effects of Flax Denim and Antibacterial Properties of Nonwoven Flax Fabric[J]. Biore-sources, 2010, 5(1): 244—258.
- [8] MA Ying, LIU Peng-Tao, SI Chuan-Ling, et al. Chitosan Nanoparticles: Preparation and Application in Antibacterial Paper[J]. Journal of Macromolecular Science, 2010, 49(5): 994—1001.
- [9] SHARMA R R, SINGH D, SINGH R. Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables by Microbial Antagonists: A Review[J]. Biological Control, 2009, 50(3): 205—221.
- [10] MAHBOOBEH K, JOSEP P C, IRENE D, et al. Novel Antimicrobial Zein Film for Controlled Release of Lauroyl arginate (LAE)[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 61: 547—554.
- [11] ZHANG Yuan, ZHAO Yong-chun, YANG Wei-hu, et al. Fabrication of Antibacterial Surface Via UV-inducing Dopamine Polymerization Combined with Co-deposition Ag Nanoparticles[J]. Materials Letters, 2016, 183: 85—89.
- [12] JI Na, LIU Cheng-zhen, ZHANG Shuang-ling, et al. Elaboration and Characterization of Corn Starch Films Incorporating Silver Nanoparticles Obtained Using Short Glucan Chains[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 74: 311—318.
- [13] 岳淑丽, 万达, 张义珂. 肉桂精油微胶囊抗菌纸的研制及对圣女果的保鲜效果研究[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 47—51.
YUE Shu-li, WAN Da, ZHANG Yi-ke. Development of Microcapsule Antibacterial Paper Made of Cinnamon Oil and Its Application for Preservation of Cherry Tomato[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 47—51.
- [14] 邓靖, 李文, 郝喜海. 基于丁香精油/ β -CD 包合物的PVA 活性包装膜制备及性能研究[J]. 化工新型材料, 2014, 42(9): 58—60.
DENG Jing, LI Wen, HAO Xi-hai. Study on Preparation and Performance of Polyvinyl Alcohol Active Packaging Film Based on Clove Essential Oil/ β -cyclodextrin Inclusion Complex[J]. New Chemical Materials, 2014, 42(9): 58—60.
- [15] 薛琼, 刘跃军, 向贤伟, 等. 肉桂精油微胶囊化及其在果蔬保鲜中的应用[J]. 包装工程, 2016, 37(5): 50—55.
XUE Qiong, LIU Yue-jun, XIANG Xian-wei, et al. Microcapsulation of Cinnamon Essential Oil and Its Application Preservation of Fruits and Vegetables[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(5): 50—55.
- [16] 邓靖, 李文, 林亲录, 等. ASLT法研究复合精油微胶囊对大米保鲜效果[J]. 现代食品科技, 2017, 33(3): 196—202.
DENG Jing, LI Wen, LIN Qin-lu, et al. Effect of Compound Essential Oil Microcapsule on the Preservation of Rice by Accelerated Shelf Life Testing[J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(3): 196—202.
- [17] 黄文涛, 陈广学. 水性丙烯酸树脂及其水性油墨性能研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2013, 6(5): 20—27.
HUANG Wen-tao, CHEN Guang-xue. Study on Property of Water-based Acrylic Resin and Water-Based Ink [J]. China Printing And Packaging Study, 2013, 6(5): 20—27.
- [18] 张静, 刘晓飞, 吕海秀, 等. 超声波法制备肉桂精油 β -环糊精微胶囊的研究[J]. 农产品加工, 2013(12): 8—13.
ZHANG Jing, LIU Xiao-fei, LYU Hai-xiu, et al. Ultrasonic Preparation of β -cyclodextrin Microcapsules of Cinnamon Oil[J]. Agricultural Products Processing, 2013(12): 8—13.
- [19] 彭颖. 肉桂精油的提取及其微胶囊化的研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2012.
PENG Ying. Study on Extraction and Microcapsules of Cinnamon Essential Oil[D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2012.