

# 缓释抗菌膜的抗菌性研究

蔡丹丹, 肖凯军, 王兆梅, 詹婷

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 以大肠杆菌、枯草杆菌、霉菌为研究对象, 研究了负载不同生物保鲜剂的抗菌膜的缓释性、透气性和抗菌性, 结果表明: 负载迷迭香、肉桂油、姜油、丁香缓释抗菌膜的释放率分别为 90.6%、90.2%、89.0%、85.1%, 水蒸气透过率分别为 0.07584、0.2995、0.4185、0.1193 g/m<sup>2</sup>·d; 对大肠杆菌、枯草杆菌、霉菌都具有明显的抑菌效果。其中负载迷迭香的缓释抗菌膜的缓释性、透气性和抗菌性优良, 具有良好的应用前景。

**关键词:** 抗菌膜; 抗菌性; 缓释性; 透气性

文章编号: 1673-9078(2012)3-267-269

## Antimicrobial Property of Slow-releasing and Antimicrobial Film

CAI Dan-dan, XIAO Kai-jun, WANG Zhao-mei, ZHAN Ting

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** *E. coli*, *Bacillus subtilis*, *Fungi* were selected for the antibacterial property study. The slow-releasing film loading different antimicrobial substances were studied for their properties of slow-releasing, water vapour transmission and antimicrobial activity. Results showed that the release rates of the film loading rosemary, cinnamon oil, ginger oil and clove were 90.6%, 90.2%, 89.0% and 85.1%, respectively. The water vapor transmission rates were 0.07584, 0.2995, 0.4185 and 0.1193 g/m<sup>2</sup>·d for the above-mentioned films. Obvious inhibition zones were observed on *E. coli*, *Bacillus subtilis* and *Fungi* with the selected film. The slow-releasing film loading rosemary showed best characteristics of the above three properties in comparison other films. So it shows great application potential.

**Key words:** antimicrobial film; anti-bacteria; slow-releasing property; water vapour transmission

缓释膜保鲜技术是近年发展起来的新型活性包装保鲜技术。主要是在一个特定的体系内, 用物理和化学的方法将抗菌或抗氧活性物质分散于包装材料, 在一定时间(或空间)内控制抗菌或抗氧活性物质的释放速度, 以维持保鲜的最佳浓度, 以达到最佳保鲜效果、节省成本和保证食品安全的目的。

目前, 国外主要采用微胶囊型和缓控释制技术两种, 主要应用于医药<sup>[1]</sup>、日用化工<sup>[2]</sup>等领域。日本开发的一种抗菌包装体系<sup>[3]</sup>, 将乙醇吸附或包埋进载体材料, 通过乙醇透过选择性膜释放到包装袋顶空, 对被包装物进行杀菌; 如果使用挥发性抗菌剂, 则包装材料不需要与食品直接接触, 即可发挥很好的杀菌效果。例如 ClO<sub>2</sub><sup>[4]</sup>、SO<sub>2</sub><sup>[5]</sup>、CO<sub>2</sub><sup>[6]</sup>和 AITC<sup>[7]</sup>的释放系统, 将抗菌物质用环糊精包埋后加入包装材料, 控制适当环境条件, 进行缓释保鲜。我国对缓控释制剂的研究, 开

收稿日期: 2011-11-19

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目(2009B090200020); 广州市科技支撑计划项目(2010Z1-E071); 开平市科技项目(开财工[2010]35号)

作者简介: 蔡丹丹(1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工保藏

通讯作者: 肖凯军(1969-), 男, 教授, 博士。研究方向: 膜材料的制备和食品加工保藏

始于20世纪60年代, 80年代以来发展迅速, 但目前应用较多为医药产品<sup>[8]</sup>, 对于应用于焙烤制品的保藏研究较少。因此, 筛选具有抗菌和抗氧化活性的挥发性生物材料和食品配料, 采用纳米孔径半透膜缓控保鲜技术, 进行食品外控型气相保藏和长效保鲜<sup>[9]</sup>, 提高食品添加剂安全性和使用长效性, 是今后研究的发展趋势。本文主要探讨缓释抗菌膜的缓释性、透气性和抗菌性, 为缓释抗菌膜用于食品保藏提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验材料

##### 1.1.1 材料

缓释抗菌膜由华南理工大学轻化所制备。

##### 1.1.2 菌种

霉菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌都是源自广东微生物种质资源库, 菌号分别为AS3.3913号、AS1.1398号、CMCC44102号, 由华南理工大学轻化所分离保存。

##### 1.1.3 培养基

营养琼脂培养基: 10 g蛋白胨、3 g牛肉膏和5 g氯化钠溶于1000 mL蒸馏水内, 校正pH至7.2~7.4。加入15~20 g琼脂, 加热煮沸, 使琼脂溶化。分装锥形瓶,

121 °C高压灭菌15 min。

孟加拉红培养基购自广东环凯微生物科技有限公司。

## 1.2 仪器与设备

BS200S电子分析天平,北京赛多利斯天平有限公司;DT80918(100-1000 μL)移液枪,上海智理科学仪器有限公司;WAC系列高压灭菌锅,广州艾威仪器科技有限公司;VS型无菌工作台,苏净集团安泰公司;BCD-301恒温恒湿培养箱,广东省医疗器械厂;LRH-300-G光照培养箱,广东省医疗器械厂。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 缓释性测定

缓释性由释放率来表征,对自制的缓释抗菌膜每隔一个月用精密分析天平测定其质量变化,以此来计算抗菌剂的释放率。释放率的计算公式为:

$$\text{释放率} = \frac{m_1 - m_2}{m_0}$$

注:  $m_1$ -最初的包装袋质量;  $m_2$ -挥发后的包装袋质量;  $m_0$ -包装袋中最初的抗菌剂质量(可由 $m_1$ 乘以抗菌剂的浓度求得)。

### 1.3.2 水蒸气透过系数(p)的测定<sup>[10]</sup>

称取2 g无水CaCl<sub>2</sub>置于25 mL锥形瓶中,然后将膜片紧密覆盖在锥形瓶口上,并用橡皮筋固定紧,放入干燥器中,再在干燥器底部放一盛有饱和NaCl溶液的小烧杯,控制温度为25 °C、相对湿度为75%的条件,测量7天之后的质量变化,按下式计算p值:

$$p = \frac{w_f - w_0}{d \times s}$$

注: 式中 $w_f$ 为终重(g),  $w_0$ 为初重(g),  $d$ 为天数,  $s$ 为膜的封口面积(m<sup>2</sup>)。

### 1.3.3 抗菌性测定-抑菌圈法<sup>[11]</sup>

用剪刀剪出5 mm×5 mm缓释抗菌膜若干,高温蒸汽杀菌后放入含有10<sup>7</sup>~10<sup>8</sup>菌落的试验平板中央,将大肠杆菌、枯草杆菌置于36 °C±1 °C的培养箱培养24 h,将霉菌置于28±1 °C的培养箱培养72 h。重复试验3次,取平均值,通过比较抑菌圈大小来评价抗菌活性的大小。

## 2 结果与分析

### 2.1 缓释抗菌膜缓释特性的研究

通过精密分析天平测量每隔一月缓释抗菌膜的质量变化,缓释抗菌膜释放率的测定结果如表1所示。

由表1可知,负载迷迭香缓释抗菌膜的挥发速度最快,负载肉桂油缓释抗菌膜、负载姜油缓释抗菌膜、负载丁香缓释抗菌膜分别次之。初始一个月内,由于包装材料中抗菌剂浓度均比较高,挥发速率较快,第

二个月的释放率略微降低,到第三个月,挥发已不明显。在3个月内,每日平均释放率为0.8~1.7%。

表1 不同缓释抗菌膜的释放率

Table 1 The release rates of the different slow-releasing antimicrobial films

缓释抗菌膜	释放率/%		
	1个月后	2个月后	3个月后
负载迷迭香缓释抗菌膜	61.10±1.20	83.20±0.90	90.60±1.00
负载肉桂油缓释抗菌膜	58.70±0.50	80.60±0.90	90.20±1.30
负载姜油缓释抗菌膜	50.80±0.30	78.50±1.00	89.00±0.60
负载丁香缓释抗菌膜	45.40±0.50	80.00±1.20	85.10±0.50

### 2.2 缓释抗菌膜透气性的研究

表2 不同缓释抗菌膜的水蒸气透过率

Table 2 The water vapor transmission rates of the different slow-releasing antimicrobial films

缓释抗菌膜	封口面积/(s/m <sup>2</sup> )	初始	7 d之后	水蒸气透过率/(g/m <sup>2</sup> ·d)
		质量/g	质量/g	
负载迷迭香缓释抗菌膜	0.05	63.95	63.98	0.09±0.01
负载肉桂油缓释抗菌膜	0.08	48.60	48.67	0.13±0.02
负载姜油缓释抗菌膜	0.05	69.42	69.46	0.14±0.03
负载丁香缓释抗菌膜	0.05	67.12	67.14	0.09±0.02
空白膜	0.05	67.12	67.14	0.06±0.01

由表2可知,与空白膜相比,这4种膜的水蒸气透过率都有一定的增加,其中负载姜油缓释抗菌膜的水蒸气透过率最大,负载迷迭香缓释抗菌膜的水蒸气透过率最小。这可能是由于负载的生物保鲜剂与膜材料的相容性稍差。因为,影响膜的水蒸气透过率的因素主要是聚合物分子链间作用力和分子链间的自由体积两个方面,通常分子链间作用力越小,分子链间的自由体积越大,膜的渗透性越大。但是从整体来看,各个缓释抗菌膜的水蒸气透过率均较小,防水性良好。

### 2.3 不同缓释抗菌膜的抗菌性能评价

表3 不同缓释抗菌膜的抑菌圈直径(mm)

Table 3 The diameter of inhibition zone with different slow-releasing films

样品	大肠杆菌	枯草杆菌	霉菌
负载迷迭香缓释抗菌膜	28.30±0.60	27.70±0.50	48.50±1.20
负载肉桂油缓释抗菌膜	14.00±0.20	20.50±0.30	30.50±0.90
负载姜油缓释抗菌膜	13.00±0.20	7.00±0.10	8.00±0.20
负载丁香缓释抗菌膜	11.00±0.30	9.00±0.20	15.00±0.30
空白膜	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

从表3可看出,负载迷迭香缓释抗菌膜对三种菌的抑制作用都很强,负载肉桂油缓释抗菌膜次之;负载姜油缓释抗菌膜和负载丁香缓释抗菌膜对霉菌也有抑制作用,但是强度低于前两种膜;负载迷迭香缓释抗

菌膜、负载肉桂油缓释抗菌膜和负载丁香缓释抗菌膜对于霉菌的抑制作用都比对大肠杆菌和枯草杆菌的效果好,负载姜油缓释抗菌膜则对大肠杆菌的抑制作用要好于枯草杆菌和霉菌。



图1 载迷迭香缓释抗菌膜分别对大肠杆菌、枯草杆菌、霉菌的抑制效果图

**Fig.1 The inhibitory effect on *E. coli*, *Bacillus subtilis* and *Fungi* by slow-releasing film loading rosemary**

图1为负载迷迭香缓释抗菌膜对大肠杆菌、枯草杆菌、霉菌的抑菌效果图,可以看出负载迷迭香缓释抗菌膜对霉菌的抑制效果最好,对大肠杆菌和枯草杆菌的抑制效果次之。对枯草杆菌的抑制图中旁边出现无菌区,可能是在取滤纸片时不小心接触到此区域,可见很小的浓度或者短时间的接触也会起到抑菌效果。今后的研究工作将合成不同含量和不能配比的缓释抗菌膜,进一步探讨添加剂和复合膜的抗菌机理,开发具有实践意义的抗菌保藏材料。

### 3 结论

3.1 缓释抗菌膜都具有良好的缓慢释放特性和水蒸气透过性,负载迷迭香、肉桂油、姜油、丁香缓释抗菌膜在3个月之后的缓释率分别为90.60%、90.20%、89.00%、85.10%,可见缓释性能最好的是负载迷迭香的缓释抗菌膜;负载迷迭香、肉桂油、姜油、丁香缓释抗菌膜和空白膜在7 d之后水蒸气透过率分别为0.08、0.30、0.42、0.12、0.07 g/m<sup>2</sup>·d,虽然水蒸气透过率与空白膜相比稍有增加,但是整体上水蒸气透过率都较小,即具有很好的防水性且防水性最好的是负载迷迭香缓释抗菌膜。

3.2 通过抑菌圈直径可知这4种缓释抗菌膜对于大肠杆菌、枯草杆菌、霉菌都有很好的抑制作用。对于霉菌,负载迷迭香、肉桂油、丁香缓释抗菌膜都具有很

强的抗菌性;对于枯草杆菌,负载迷迭香、肉桂油缓释抗菌膜具有很强的抗菌性;对于大肠杆菌,负载迷迭香、肉桂油缓释抗菌膜具有很强的抗菌性;总的来说,负载迷迭香缓释抗菌膜具有很强的抗菌性,可以用于焙烤制品的保藏,提高安全性、延长货架期。

### 参考文献

- [1] Colombo P, Bettini R, Santi P, et al. Analysis of the swelling and release mechanisms from drug delivery systems with emphasis on drug solubility and water transport [J]. *Journal of Controlled Release*, 1996, 39: 231-237
- [2] Khodairya KAE, Eshrab AG, Nadab AH, et al. Preparation and in vitro evaluation of slow release ketoprofen microcapsules formulated into tablets and capsules [J]. *Journal of Microencapsulation*, 1992, 9(3): 365-373
- [3] Shimizu K, Ito M, Tamura K. Ethanol vapor-generating tool [P]: Japan 2006340640 A[P]. 2006
- [4] 吴斌,钟梅,王智荣,等.固体 ClO<sub>2</sub> 保鲜剂的研制及应用[J]. *食品科学*,2010,31(8):294-296
- [5] 张辉玲,胡位荣,庞学群等.冰温与 SO<sub>2</sub> 缓释剂对龙眼贮藏的影响[J].*园艺学报*,2006,33(6):1325-1328
- [6] 庞杰,谢建华,曾竞华,等.固体缓释剂保鲜荔枝效果研究[J].*北华大学学报(自然科学版)*,2001,2(5):435-440
- [7] Nielsen PV, Rios R. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2000, 60: 219-229
- [8] 张保林,李延升,刘岩.缩核模型在缓控释制剂药物释放中的应用[J].*郑州大学学报(理学版)*,2009,41(2):103-107
- [9] 许秀真.魔芋葡甘聚糖抗菌复合膜对龙眼的常温保鲜研究[J].*现代食品科技*,2006,22(2):107-109
- [10] 刘晶,王明力.壳聚糖纳米复合涂膜的研究[D].贵州:贵州大学,2007
- [11] 王文娟,孙京新,罗欣.茶多酚对肉源腐败菌和致病菌的抑制效果[J].*食品科技*,2010,35(2):102-105