

释放型抗菌包装抗菌原理分析及功能安全性问题

济南兰光机电技术有限公司

摘要：在食品灭菌技术相当成熟的今天，采用抗菌包装与之结合，能获得更好的抗菌效果。在抗菌包装的诸多种类中，释放型抗菌包装较其他方式杀菌更彻底，但因尚处于起步阶段，在抗菌气体生成速率、对包材的渗透速率，气体浓度和安全性方面仍需深入研究。

关键词：释放型抗菌包装、气态型抗菌剂、渗透速度、气体浓度

Working Principle Analysis on the Release Type Antimicrobial Packaging and Functional Safety Problems

Labthink Instruments Co., Ltd.

Abstract: Antimicrobial packaging can be used to improve the effect of food sterilization, based on modern sterilization technology. Among all those antimicrobial packaging, the release type antimicrobial packaging is featured with best sterilization effect. However it is still under development. The generation rate of antimicrobial gas, permeation rate in packaging material, gas concentration and safety in operation are still required to improve.

Keywords: Release Type Antimicrobial Packaging, Gaseous Antimicrobial Agent, Permeation Rate, Gas Concentration

如今，人们对食品健康与安全的要求不断提高，食品保鲜与防腐已成为现代食品工业的重点发展方向。在这一需要驱动下，抗菌包装技术得到了迅速发展，在延长食品货架期、保证食品质量和感官品质方面效果显著。

抗菌包装简介

抗菌包装作为活性包装的重要分支，是将抗菌物质添加至包装中形成的一种新的包装系统。二者结合方式多样灵活，如可将抗菌剂直接加入包装材料中，或在包装表面包覆或吸附抗菌剂、或采用本身具有抗菌作用的包装材料，或通过离子键/共价键将抗菌剂固化在包材表面，或采用抗菌独立小包等形式，都能达到延长微生物停滞期、减缓微生物生长速度、减少微生物成活数量的抑菌防腐作用。抗菌包装的发展，为食品保鲜提供了新的方法，在一定程度上降低了对食品防腐剂的依赖。

抗菌剂是抗菌包装系统的核心。根据性质种类，可分为无机抗菌剂、有机抗菌剂和天然抗菌剂三种。在实际应用中，抗菌包装的作用机理也因抗菌剂的不同而有所差异：吸收型抗

菌包装利用氧气吸收剂抑制微生物繁殖的；固化型抗菌包装将抗菌剂固化在包材表面通过与食物接触灭菌；释放型抗菌包装利用抗菌气体防腐。相比之下，第三种抗菌包装形式凭借气体的挥发逸散性能实现包装内各角落的灭菌，其抗菌效果的彻底性明显优于前两种形式。

三种气态抗菌剂抗菌原理及效果分析

释放型抗菌包装是将抗菌气体生成剂加入包装材料中或制成独立香囊/衬垫置入密封包装内部的一种抗菌包装形式，乙醇、二氧化硫、二氧化氯是常用的气态抗菌剂。

早在 20 世纪 70 年代，日本已经开始使用乙醇作为食品抗菌剂应用于酱油、调料、腌菜等，发展至今，乙醇凭借其较强的渗透力和杀菌力成为一种非常理想的食品抗菌剂。其抗菌机理主要表现在三个层面：（1）乙醇分子会与菌体的细胞膜相互作用，弱化其对细胞质的渗透作用，导致细胞质的渗透与泄漏不平衡，引起细菌的新陈代谢障碍；（2）乙醇分子与菌体蛋白质分子的肽链环节反应，使其变性；（3）乙醇的溶菌作用，浓度越高其毒性越大。

SO₂ 是一种酸性氧化物，遇水生成亚硫酸，这种二元中强酸分子进入微生物细胞内，改变了微生物原生质的 PH 值，造成原生质与核酸分解而使微生物致死，因而 SO₂ 也是一种强烈的杀菌剂。当 SO₂ 作为抗菌包装的杀菌剂使用时，既可将 SO₂ 发生剂（如焦亚硫酸钠等）添加到包装材料之中制成控释抗菌包装，也可做成独立小包置入密封包装中。需要注意的是，二氧化硫气体具有刺激的化学气味，

二氧化氯为公认为高效光谱的杀菌剂，在抗菌包装体系中，主要采用合成树脂、吸水性强的树脂聚丙烯酸等材料吸附二氧化氯水溶液制成固体二氧化氯发生剂，封装为独立小袋中置入密封包装内，在缓慢释放低浓度二氧化氯气体的过程中实现灭菌效果。其灭菌作用来源于其强大的氧化能力，能迅速氧化、破坏病毒蛋白质衣壳中的酪氨酸，使细菌微生物蛋白质的部分氨基酸氧化还原分解，控制其蛋白质的合成，促进其加速死亡。采用二氧化氯的灭菌包装相对与其他传统杀菌方式，具有很多独特的优势：固体二氧化氯发生剂经特殊制备，其释放速率可控，加之二氧化氯气体扩散能力强，能实现至少一个月以上的包装内部无缝灭菌。而且二氧化氯气体本身无色、无味，避免了食品气味的改变。

释放型抗菌包装应用的功能性与安全性问题

根据上文介绍，释放型抗菌包装依抗菌剂的不同其灭菌原理也有所差异，但其抗菌的彻底性和长期性具有其他抗菌方式不可比拟的优势。就目前的应用现状来看，这种抗菌包装形式仍处于起步阶段，如何平衡其灭菌速率和灭菌效果的关系，以及如何保障其安全性等许多问题需要深入探讨。

气态抗菌剂对包装材料物理性能的影响。一部分释放型抗菌包装是将抗菌剂本身或抗菌气体发生剂添加于包装材料之中制得的，过程中抗菌剂填满材料内部的孔隙，所以这种方式通常会对包材的拉伸强度、破裂强度和韧性等机械加工性能以及气体透过性、水蒸气透过性、水分吸收性、耐油性和光泽度等带来细微的变化。建议在此类包装的研发过程中，增加对包

材基础物理性能的监测，达到抗菌效果与包装效果的平衡统一。

抗菌气体的生成速率和渗透速率关系。对于另一部分释放型抗菌包装，则是采用将气体发生剂封装在独立小袋中，再将其置入食品包装中从而制成抗菌包装，通过气体发生剂自行挥发或与水蒸气反应缓慢释放出抗菌气体，实现杀菌目的。这一过程中，抗菌气体以恰当的速度“缓慢释放”是决定抗菌效果持续性的关键点，其根源在于水蒸气渗入抗菌剂包装材料的速率以及该气体渗透出抗菌剂包装材料的速率。以乙醇气体为例，笔者利用兰光包装安全中心的 OR2/410 有机气体透过率测试系统和 W3/060 水蒸气透过率测试系统对 PC、AL、PET、PE 四种材料测试了乙醇气体和水蒸气的透过率，结果见表 1。

表 1 四种包装材料乙醇和水蒸气透过率数据

| 材料种类 | 乙醇透过率 (g/m ² ·24h) | 水蒸气透过率 (g/m ² ·24h) |
|----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| PC (18.9um) | 0.03 | 9.85 |
| AL (100um) | 0 | 0 |
| PET (19.7um) | 0.02 | 8.95 |
| PE (20.6um) | 3.69 | 12.57 |

通过上述测试数据不难发现，每种材料的水蒸气透过率和乙醇透过率有很大的差别，据此可以作为研究抗菌气体产生、渗透、扩散速率的变化规律的数据基础。此外，表中数据综合反映了彼此之间阻隔性的差异趋势基本是一致的，因此可以简单用材料的水蒸气阻隔性来大致估测材料的有机气体阻隔性。但是有机气体的种类以及材料的特性都会对最终数据产生影响。因此，这种估测方法所产生的误差将成为抗菌包装系统失效的一个重要因素，需慎重对待。

抗菌气体浓度的控制。气体浓度的控制主要与气体发生剂的产生速率和渗透速率有关，不同种类的抗菌气体在灭菌时需要的浓度各有不同。例如，采用乙醇灭菌，低水分活度的食品需要 2%-4% 质量分数的较低浓度的乙醇抑菌即可，而高水分活度的食品则需要乙醇用量为 0.002-0.004mL/cm²。应尽量避免采用过高浓度的乙醇气体抑菌，以免影响食品的天然风味。对于二氧化氯气体来说，若浓度小于 50mg/m³，基本上无明显的杀菌作用，若浓度高于 10% 则会有爆炸的危险。因此，有效的控制抗菌气体生成量和渗透量既能保证杀菌效果，又能保证食品和周围环境的安全性。

抗菌气体对环境的安全问题。虽然在抗菌包装体系中使用的抗菌气体如乙醇、二氧化氯等多为低浓度，但仍不能忽视其自身易燃易爆的危险性。因而，无论抗菌剂与外包装材料采用何种结合方式，还需要考虑抗菌气体对外包装材料的渗透性，以避免因抗菌气体渗透出包

装系统带来的安全风险，同时也减少了抗菌包装系统失效的几率。

总结

抗菌，一直是食品防腐工程的重点。在食品灭菌技术相当成熟的今天，采用抗菌包装与之结合，能获得更好的抗菌效果。在抗菌包装的诸多种类中，释放型抗菌包装较其他方式杀菌更彻底，但因尚处于起步阶段，在抗菌气体生成速率、对包材的渗透速率，气体浓度和安全性方面仍需深入研究，为释放型抗菌包装开拓更宽广的发展空间。

