

纳米银在食品贮藏加工中应用的研究进展

张 懋, 陈慧芝

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 纳米银既具有纳米材料独特的性能又具有银特有的抗菌、催化等特性。介绍了纳米银的抗菌性, 综述了纳米银食品包装材料、纳米银涂膜等方面在食品贮藏保鲜及加工中的应用, 并对纳米银本身的安全性进行了探讨。

关键词: 纳米银; 食品; 贮藏; 加工; 应用; 安全性

中图分类号: TS205.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)04-0365-08

Research Progress of Application of Nano-Silver in Food Storage and Processing

ZHANG Min, CHEN Hui-zhi

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Nano-silver has unique properties of nanomaterials and also has unique anti-bacterial and catalytic properties of silver. This paper has a brief introduction on the antimicrobial properties of nano-silver. Applications of nano-silver in food storage and processing like food packaging materials, nano-silver coating and other aspects are emphatically summarized. The potential safety issues of the silver nanoparticles are also discussed.

Key words: nano-silver, food, storage, processing, application, security

纳米材料是指结构中至少有一个相在一个维度上呈纳米级(约 1~100 nm)大小的材料^[1]。这种特殊的结构, 使得其具有异于普通材料的光、电、磁、热、力、机械等性能, 例如表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应、宏观量子隧道效应等许多宏观材料所不具有的特殊性质^[2]。因此, 纳米技术被广泛应用于物理、化学、生物、电子等诸多领域中。纳米保鲜技术是采用纳米包装材料或纳米保鲜剂对食品进行保鲜处理的一种技术。通过对包装材料进行纳米合成、添加、改性使其具备包装新物性是研究较多的领域。如纳米保鲜膜, 可以提高果蔬储

藏保鲜质量, 减少因霉变和病害所造成的损失^[3]。

纳米银既具有纳米材料独特的性能又具有银特有的抗菌、催化等特性, 甚至比普通银更具有抗菌效果^[4]。纳米银作为无机抗菌剂在食品贮藏保鲜中有着广泛的潜在应用价值, 具有广阔应用前景。根据澳大利亚地球之友网站报道, 纳米银产品已经运用在鞋、袜、衣服、床垫、清洁布; 婴儿奶瓶、婴儿牙刷、毛刷; 食品贮存容器、冰箱; 泳池清洁剂、吸尘器、脱毛机; 颜料和表面涂层; 香港火车和地铁的工业消毒剂; 农用杀菌剂、水产养殖消毒剂等方面^[5]。

收稿日期: 2012-02-05

基金项目: 国家 863 计划重点项目(2011AA100802); 国家自然科学基金项目(30972058)。

作者简介: 张懋(1962—), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农副产品加工与贮藏研究。

E-mail: min@jiangnan.edu.cn

1 纳米银抗菌性研究的进展

1.1 纳米银粒子抗菌机理

与有机、天然类抗菌剂相比,无机抗菌剂材料具有长效、不产生耐药性、无毒副作用等优点,特别是其突出的缓释性和良好耐热性而倍受重视,在抗菌剂材料的发展中具有极大的潜力^[6]。因金属银的杀菌能力最强,含银粒子(离子)抗菌剂是目前研究最多的无机抗菌剂。纳米银粒子的尺寸介于原子簇和宏观微粒之间,它结合了纳米材料和单质银的特性。目前关于纳米银粒子抗菌机理的研究并没有定论,主要有两种假说:一种是纳米银通过抑制多种细胞膜上酶的活性,并与供电子体反应,尤其是能和含有巯基的供电子体反应,从而产生杀菌效应^[7]。另一种是催化反应假说,银粒子(离子)能起到催化活性中心的作用,激活水和空气中的氧,产生羟基自由基及活性氧离子从而发挥抗菌的作用^[8]。

1.2 纳米银抗菌性的研究

纳米银对常见的食品污染菌有抑制作用。刘伟等人研究了纳米银对几种常见细菌、酵母菌、霉菌等菌种的抑制作用。结果表明,纳米银对供试菌种有明显的抑制作用;在试验浓度的条件下,对革兰氏阳性菌的抑制作用最强,对革兰氏阴性菌的抑制作用次之,对酵母菌和霉菌的抑制作用最弱;抑菌率与纳米银的浓度和作用时间均呈正相关;纳米银有良好的热稳定性,经高温处理后仍然有良好的抑菌效果^[9]。李新林等研究了浓度在中华人民共和国国家标准-生活饮用水卫生标准最大允许量(0.05 mg/L)以下的纳米银水溶液(0.045 mg/L)对海参腐败时所有菌及优势菌的抑制作用,结果发现作用12 h后,纳米银水溶液能杀灭80%左右的细菌^[10]。这为纳米银涂膜技术提供理论依据,也为纳米银在食品加工、贮藏保鲜等方面的进一步应用提供了一定的理论依据。

李喜宏等以常规LDPE保鲜膜配方组分为载体,添加含银系纳米材料母粒,吹塑研制出粒径为40~70 nm的纳米防霉保鲜膜。结果表明:已接种灰霉菌的PDA培养基,经质量分数4%银系纳米母粒浸提液浸泡的滤纸圆片处理于26~28℃恒温培养条件下,其最大抑菌效率较对照提高一倍,含质量分数4%银系纳米材料保鲜膜制品圆片的最大抑

菌效率提高67.9%^[11]。Cao等利用磺化基团和银离子之间的相互作用,用VC作为还原剂,成功地将纳米银粒子引入到磺化聚醚砜(SPES)膜表面,并详细研究了(PES/SPES)-Ag复合材料对黄色葡萄球菌、白色葡萄球菌、大肠杆菌的抗菌活性,并通过细胞毒性和细胞粘附实验研究其细胞相容性。结果表明,(PES/SPES)-Ag膜具有一定抗菌的抗菌能力,且固定纳米银粒子后,该膜仍在安全使用范围内^[12]。Emamifar等研制出含有纳米银和纳米氧化锌的LDPE膜,并研究该纳米包装材料对接种在橙汁中的植物乳杆菌的抑菌效果。结果表明,使用这种纳米复合包装材料,微生物的生长率显著减少。在接种橙汁的112 d贮藏中,与纳米ZnO相比,含纳米银的纳米复合包装材料表现出较明显的抗菌效果;且与其他组相比,LDPE+5% P105(95% TiO₂+5% 10 nm 纳米银)包装袋表现出显著的抗菌活性^[13]。

2 纳米银在食品贮藏保鲜中应用的研究进展

2.1 纳米银食品包装材料

近几年来,在食品包装领域国内外研究较多的纳米材料是聚合物基纳米复合材料(PNMC),即将纳米材料以分子或超微粒子的形式分散在柔性高分子聚合物中而形成的复合材料。常用的纳米材料有金属(如Ag)、金属氧化物(如ZnO、TiO₂)、无机聚合物(如SiO₂)等三大类;常用的聚合物有PA、PE、PP、PET、PVC、LCP等^[14]。目前已有多种PNMC用于食品包装中,如纳米Ag/PE类、Ag/PP类、纳米TiO₂/PP类等,其稳定性、抗菌性、保鲜性、阻隔性、可塑性等性能有大幅度提高。

2.1.1 纳米银保鲜膜 新鲜果蔬采摘后,特别是呼吸跃变型果蔬由于呼吸作用不断产生乙烯等物质加速果蔬成熟、腐烂,不利于贮藏。为了提高新鲜果蔬的保鲜效果和延长货架寿命,应设法在包装中加入乙烯吸收剂以减少包装中的乙烯含量。探索新型保鲜薄膜,使其既具有常规保鲜膜的气调、保湿等功能,又具有缓释乙烯、抑菌防腐等功能,以替代或减少化学防腐剂使用,是新鲜果蔬保鲜贮藏技术的难点和热点^[15]。

纳米级银粉不仅具有抗菌性还具有催化乙烯氧化的作用,在保鲜包装材料中加入纳米银,不仅

可以抑菌防腐还可加速果蔬食品释放出乙烯的氧化,减少包装中乙烯含量,从而达到良好的保鲜效果^[16]。Emamifar 等研制出含有纳米银和纳米氧化锌的 LDPE 膜,并研究该纳米包装材料对贮藏于 4 ℃ 的新鲜橙汁的保鲜效果。结果表明,含有 Ag 和 ZnO 的纳米抗菌包装材料能作为一种非热技术将新鲜橙汁的货架期延长至 28 d^[17]。余文华等将含有的纳米抗菌母粒(纳米银和纳米二氧化钛等)的保鲜膜应用于青椒保鲜贮藏,研究表明,纳米保鲜膜集气调、抑菌、抑制后熟三效合一,使青椒的保鲜期达到 3 个月以上,失重率低于 5%,好果率达到 90%以上^[15]。

2.1.2 纳米银保鲜袋 黄媛媛等利用纳米粉体(纳米 Ag、纳米 TiO₂ 及高岭土)与塑料研制了一种新型纳米包装材料,使用该纳米包装袋包装绿茶 240 d 后,发现 VC、叶绿素、茶多酚、氨基酸保留量比采用普通包装绿茶分别高 7.7%、6.9%、10.0%、2.0%^[18]。Li 等使用该纳米包装袋包装枣,常温贮存 12 d 后,发现果实的软化、质量损失、褐变及袋内气体变化均有显著的抑制。同时,纳米包装组的可滴定酸和抗坏血酸分别下降至 0.21%、251 mg/100 g,而普通包装则为 0.15%、198 mg/100 g;纳米包装的溶性总糖含量、还原糖、总可溶性固形物含量和丙二醛分别提高到 28.4%、5.2%、19.5%和 98.9 μmol/g,而普通包装则为 30.0%、6.3%、23.1%和 149 μmol/g^[19]。Yang 等使用该纳米包装袋包装草莓于 4 ℃ 贮存 12 d 后,纳米包装在保持草莓的感官、理化及生理品质方面比普通包装更胜一筹^[20]。此外,该纳米系列包装袋还可用于柿果^[21]、酱牛肉^[22]等的贮藏保鲜中,能够延长保质期和提高产品的保鲜品质。Hu 等利用纳米 Ag、纳米 TiO₂ 及蒙脱石与聚乙烯混合研制出一种新型的纳米保鲜袋,并研究其对乙烯处理过的猕猴桃的保鲜效果。经过 4 ℃ 贮藏 42 d,结果表明,纳米复合包装可以延缓猕猴桃的成熟,保持猕猴桃的采后贮藏质量^[23]。

2.1.3 纳米银食品保鲜盒 张瑶等将银纳米材料添加进塑料制成纳米塑料盒和塑料袋,应用在杨梅保鲜上。结果表明,纳米塑料包装材料在提高杨梅好果率和延长货架期方面有正面效果,同时在抑制 VC 分解方面具有一定的作用^[24]。此外,将 Ag 等具有抗菌性的纳米金属颗粒嵌合在高分子微球表面,制成纳米复合抗菌添加剂,并将此添加剂与塑料均匀混合可得到抗菌塑料。据报道韩国的 poly-

merWorld 公司将纳米银在喷射模塑的过程中与树脂材料混合起来,生产出一种抗菌性能较强的新型食品包装容器。

2.2 纳米银涂膜

在贮藏保鲜中,涂膜处理可以控制水分、气体和脂肪转移,起到减少失重、类似气调包装、防止风味物质散失、减少微生物污染等作用;涂膜还可以作为添加剂和营养素的载体^[25]。如在食品涂膜材料中添加具有显著抗菌作用的纳米银粒子,可以对食品的微生物进行良好的控制,有利于食品的贮藏保鲜。An 等针对芦笋在贮藏过程中失水严重和微生物繁殖的特点,研究纳米银和聚乙烯吡咯烷酮(PVP)涂膜对绿芦笋贮藏品质的影响。绿芦笋用 100 mg/L 的次氯酸钠溶液浸泡 15 min,晾干,然后在制备好的纳米银溶液(0.06 mg/L,符合美国环境保护署推荐二次可控污染物的饮用水银离子的最大剂量为 0.10 mg/L)中进行涂膜,3 min 后捞出,常温下沥干。分别放置在 2 ℃ 和 10 ℃、90%~95% RH 下贮藏 25 d。结果表明,纳米银-PVP 涂膜的绿芦笋在失重、色泽、质构等方面均好于对照组,纳米银-PVP 涂膜具有较好的保鲜效果,微生物控制良好。纳米银涂膜芦笋能在 2 ℃、25 d 和 10 ℃、20 d 的贮藏条件下保持较好的品质^[26]。

2.3 其他

抗菌陶瓷是一种功能性新材料,是在制陶的原料中,特别是在陶瓷釉中加入无机抗菌剂制成^[27]。刘维良等人采用液相共沉淀法制得颗粒尺寸小、粒径分布窄、抗菌谱广、高效、持久、耐热且无毒性的纳米磷酸锆载银抗菌粉体材料,该材料在日用陶瓷釉中添加量达 2.0%时,抗菌陶瓷餐具的抗菌率可达 99.9%以上。而且对日用陶瓷的生产工艺、技术性能和微观结构的影响不大,其性能指标均符合国家日用陶瓷质量标准的要求^[28]。此外,在冰箱生产中添加纳米银粉还可以生产出抗菌冰箱,大幅延长冰箱中食品的保质期。

3 纳米银在食品加工保藏中应用的研究进展

3.1 纳米银添加剂

纳米银在食品中的应用主要以纳米银保鲜膜、保鲜袋的研制为主,目前市场上也相继出现纳米银

抗菌保鲜盒、纳米银抗菌内胆冰箱等产品。但将纳米银作为添加剂直接加入到食品中并不多见。利用纳米银粉不仅具有优良的耐热、耐光性、化学稳定性及高效的防腐功能,将其添加到食品中可长期具有抗菌效果,且不会因挥发、溶出、光照引起食品颜色改变或污染^[29]。准纳米粒子是指粒径在 101~109 nm 范围的粒子。张慙等将准纳米银溶液作为防腐剂或制成复合防腐剂添加到番茄汁、番茄和胡萝卜混合汁等蔬菜汁中,结果表明准纳米银可减弱加工工艺中的杀菌强度,与其他防腐剂混合防腐,效果显著。其最佳组合为准纳米银 0.04 mg/L,尼泊金乙酯 200 mg/L;该复合防腐剂处理番茄—胡萝卜混合汁的需要杀菌强度为 95~100 °C、5 min^[30]。

3.2 纳米银涂膜

在加工中,Duan 等将一种新型纳米银涂膜技术(纳米银水溶液质量浓度均为 0.045 mg/L)与微波冷冻干燥结合,来确保海参的高杀菌强度。研究表明,结合纳米银涂膜的微波冷冻干燥使海参中微生物数量下降至更低水平,且不影响干燥效率和感官品质^[31]。为了提高纳米银杀菌效果,李新林研制出纳米银淀粉膜溶液对海参进行涂膜,微波冷冻干燥后,在微波和纳米银联合作用下,海参中微生物的死亡率达到 99.1%左右,且纳米银淀粉膜涂膜海参中银含量符合国内外相关食品标准^[2]。Li 等人进一步研究发现,0.3 mg/L 的纳米银涂膜能够抑制海参微波冷冻干燥过程中超过 99%的枯草芽孢杆菌^[32]。此外,还将该纳米银涂膜应用在鲍鱼的微波冻干过程中。结果表明,鲍鱼中细菌总数下降 99.2%,大肠菌群 MPN 值小于 30。微波和纳米银涂膜结合,很好的控制了冻干鲍鱼的微生物,而且纳米银涂膜对鲍鱼的干燥效率无明显影响^[33]。这些研究表明纳米银涂膜是降低微生物数量的有效方法且对干燥效率没有显著影响。

4 纳米银本身的安全性

4.1 纳米银生物安全性的隐忧

随着纳米技术的成熟和广泛应用,人们在工作 and 生活中接触到它们的机会越来越多,纳米技术是一种全新的技术,其安全性方面引起的争议使大部分消费者都持保守的态度。目前,关于纳米颗粒或

纳米材料的健康危险度评价的相关信息不多。美国国家环境保护局(EPA)在 2003 年正式提出纳米物质对人类健康和环境存在潜在的影响^[34]。近年来,很多科学家从生物安全性评价和环境评价的角度扩大了纳米材料的尺寸范围。美国食品和药品监督管理局(FDA)和美国环保局(EPA)在 2008 年曾指出危害生物体的颗粒尺寸界线并非十分明显,并建议超过 100 nm 的微纳米材料也应列在纳米材料安全性研究的范围之内^[35]。

研究表明,纳米材料尺寸远远小于人体细胞尺寸(通常为 10 μm),具有特殊的生物性质,主要体现为容易穿越这些生物体屏障进入血液循环系统,通过血液循环分布到生物体全身其它的脏器和组织;更容易通过细胞吞噬等方式进入细胞内,穿过一些特定细胞组成的生理屏障,进入常规材料很难达到的部位如细胞器内,和生物大分子发生结合或催化化学反应,使生物大分子和生物膜的正常立体结构发生改变,结果可能导致体内一些激素和重要酶系的活性丧失^[36]。此外,目前常用还原法制备的纳米银,如果还原剂用量或者工艺控制不当,容易造成还原不完全,从而得到银和氧化银的混合体;同时有研究发现,在有水的环境中银微粒会发生微弱的反应产生银离子,银离子的溶出浓度随颗粒表面积的增加而升高,并且银离子极易造成制品变色^[37]。

4.2 纳米银生物安全性的研究

2003 年 4 月,Sevice 在 Science 首先发表文章讨论纳米材料与生物环境相互作用可能产生的生物安全问题,并介绍了 Lam 研究小组的研究结果,单壁碳纳米管可能会损害老鼠的肺部组织^[38]。随后,各个领域的科学家们开始探讨纳米生物安全问题。

纳米材料的比表面积较大,具有较强的扩散性和吸附性,极高的表面反应活性和催化活性。纳米材料虽然物质成分未发生变化,但其对机体产生的生物效应和作用强度可能发生本质上的改变。Lecoanet 等研究发现纳米粒子能很容易扩散到地下蓄水层,给地下水带来严重污染,并极难净化^[39]。Huang 等以一种市售纳米银聚乙烯食品保鲜袋为研究对象,采用水类、酸类、酒精类、油类等 4 种不同类型的食品模拟液,在 25、40、50 °C 条件下进行迁移实验。选取 3~15 d 的 5 个不同浸泡时间的样

品进行测试,结果发现,纳米银颗粒在4种食品模拟液中都发生了不同程度的迁移,迁移量最大的是油类食品模拟液,其次是酸类食品模拟液;在某一特定的食品模拟液中,纳米银的迁移量随着浸泡时间的延长而增大,并且随着浸泡温度的升高而增大^[40]。有学者发现纳米银具有比普通银更优异的抗菌性能,同时也存在更严重的安全隐患^[41]。动物实验表明,纳米银颗粒能够穿透血管壁进入血液循环^[42],并且会在组织和器官中积累,当达到一定的剂量后,会对生物体产生肾毒性、肝毒性、神经毒性等毒性反应,严重时甚至可以引起死亡^[43]。

钟金栋等进行了纳米银材料抗菌效果研究及安全性评价,发现纳米银材料浸泡悬液对兔皮肤刺激性积分为0,并且经口灌胃的小鼠无死亡,属于实际无毒级^[44]。Lee等采用2~3 nm和30 nm纳米银微粒处理新西兰雄兔已磨损的皮肤,经24 h和72 h观察发现,经纳米银微粒处理过的皮肤没有或仅发生轻度炎症,证明纳米银对磨损的皮肤刺激较少,纳米银属低生物毒性甚至是无生物毒性的纳米材料;同时他们研究还发现,纳米银的生物毒性可随纳米颗粒直径的减少而降低^[45]。张逸等对自制的丹参纳米银复合材料进行了实验评价该材料的生物安全性。研究结果表明,丹参纳米银复合材料本身不带菌,热原试验结果显示该材料无热原,原发性皮肤刺激试验表明该材料对家兔皮肤无刺激,皮内刺激试验发现,实丹参纳米银复合材料无皮内刺激反应,急性全身毒性试验未见任何毒性反应。研究还表明,在达到同样的治疗效果时,机体对纳米银的吸收更少,减小了银中毒的可能性,提高了使用的安全性^[46]。邱刚等分别用剂量水平为2 000 mg/g和5 000 mg/kg的纳米银混悬液灌胃雏鸡,雏鸡均未出现死亡,处死剖检观察给药雏鸡的心、

肝、脾、肺、肾等脏器未观察到异常变化,试验表明雏鸡24 h最大耐受量30 g/kg^[47]。

银成本略高并存在一定的安全隐患,这些限制了纳米银在食品贮藏保鲜中的应用。纳米食品的安全性,是其生产应用中亟待解决的问题,对该问题的揭示,将大大促进纳米科技在食品工业的广泛应用。

5 展 望

纳米技术是21世纪科技发展的制高点,它的迅猛发展将促进几乎所有领域产生一场革命性的变化^[48]。目前,纳米银在食品贮藏保鲜中的应用主要以纳米银食品包装材料为主,且纳米银保鲜膜、保鲜袋的研制最多,市场上也相继出现纳米银抗菌保鲜盒、纳米银抗菌内胆冰箱等产品。但将纳米银作为抗菌剂、防腐剂直接加入到食品中并不多见。纳米银涂膜技术在食品贮藏保鲜中的大部分研究尚处于试验阶段,在食品加工领域中的研究也不多,实际应用的例子相对较少。这主要因为纳米银技术的应用会加大贮藏保鲜及加工成本;并且纳米技术在食品领域的应用才刚刚开始,大量的科学问题有待发现、研究,产业化的实现还要经过漫漫长路。对于纳米银技术,目前的安全性评价方法不完全适用于它,尽快建立相应的安全性评价体系,这对纳米银在食品贮藏加工中的应用发展至关重要。

但随着社会的发展,人们生活水平的不断提高,尤其是对食品的新鲜度及安全性要求的不断提高,纳米技术给食品贮藏保鲜及加工领域带来挑战的同时也注入了巨大的活力,其发展前景十分诱人。随着纳米技术的不断发展,纳米银在食品贮藏保鲜及加工领域中也将会得到更加广泛的应用。

参考文献(References):

- [1] Chaudhry Q, Castle L, Watkins R. Nanotechnologies in Food[M]. London: Royal Society of Chemistry, 2010: 1—11.
- [2] 李新林. 纳米银涂膜液制备及其在海参低温干制品中的应用[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [3] 孙传范. 高新技术在食品加工中的应用[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(8): 203—206.
SUN Chuan-fan. Application of high technology in food[J]. *Food Research and Development*, 2010, 31(8): 203—206. (in Chinese)
- [4] Maramba-Jones C, Hoek E M V. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications

- for human health and the environment[J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 2010, 12 (5): 1531—1551.
- [5] Crocetti G, Miller G. nano-silver: policy failure puts public health at risk[J]. *Friends of the Earth Australia*, 2011, 9: 20—22.
- [6] 王小健, 乔学亮, 陈建国, 等. 无机抗菌剂的研究现状及发展趋势[J]. *陶瓷学报*, 2003, 24(4): 239—244.
WANG Xiao-jian, QIAO Xue-liang, CHEN Jian-guo, et al. Advancement in research on inorganic antibacterial materials [J]. *Journal of Ceramics*, 2003, 24(4): 239—244. (in Chinese)
- [7] Dibrov P, Dzioba J, Gosink K K, et al. Chemiosmotic mechanism of antimicrobial activity of Ag^+ in *Vibrio cholerae*[J]. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2002, 46(8): 2668—2670.
- [8] Inoue Y, Hoshino M, Takahashi H, et al. Bactericidal activity of Ag-zeolite mediated by reactive oxygen species under aerated conditions [J]. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 2002, 92(1): 37—42.
- [9] 刘伟, 张子德, 王琦, 等. 纳米银对常见食品污染菌的抑制作用研究[J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(5): 135—137.
LIU Wei, ZHANG Zi-de, WANG Qi, et al. The inhibitory effects of nanoscale silver on familiar food pollutant bacteria [J]. *Food Research and Development*, 2006, 27(5): 135—137. (in Chinese)
- [10] 李新林, 段续, 张慙. 纳米银对海参腐败中优势菌种的抑制作用[J]. *食品与生物技术学报*, 2010, 29(3): 359—364.
LI Xin-lin, DUAN Xu, ZHANG Min. Study on the preparation and sterilization of silver nanoparticles to the ascendent bacterium within the putrid sea cucumber[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2010, 29(3): 359—364. (in Chinese)
- [11] 李喜宏, 成国祥, 陈丽, 等. PE/Ag 纳米防霉保鲜膜研制[J]. *食品科学*, 2002, 23(2): 129—132.
LI Xi-hong, CHENG Guo-xiang, CHEN Li, et al. Study on processing PE added with Ag contained nano material for protection against mould[J]. *Food Science*, 2002, 23(2): 129—132. (in Chinese)
- [12] Cao X L, Tang M, Liu F, et al. Immobilization of silver nanoparticles onto sulfonated polyethersulfone membranes as antibacterial materials[J]. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2010, (81): 555—562.
- [13] Emamifar A, Kadivar M, Shahedi M, et al. Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice[J]. *Food Control*, 2011, (22): 408—413.
- [14] 黄媛媛, 王林, 胡秋辉. 纳米包装在食品保鲜中的应用及其安全性评价[J]. *食品科学*, 2005, 26(8): 442—445.
HUANG Yuan-yuan, WANG Lin, HU Qiu-hui. Application of nano-packaging in food preservation and its security assessment[J]. *Food Science*, 2005, 26(8): 442—445. (in Chinese)
- [15] 余文华, 李洁芝, 陈功, 等. 果蔬纳米保鲜膜的研制及其在青椒保鲜中的应用研究[J]. *四川食品与发酵*, 2008, 44(5): 28—31.
YU Wen-hua, LI Jie-zhi, CHEN Gong, et al. Research of nano fresh-keeping film and its application in the preservation of green pepper[J]. *Sichuan Food and Fermentation*, 2008, 44(5): 28—32. (in Chinese)
- [16] 何强, 吕远平. 纳米技术与纳米食品[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(4): 296—298.
HE Qiang, LU Yuan-ping. Nano-technology and nano-food[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008, 29(4): 296—298. (in Chinese)
- [17] Emamifar A, Kadivar M, Shahedi M, et al. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2010, (11): 742—748.
- [18] 黄媛媛, 胡秋辉. 纳米包装材料对绿茶保鲜品质的影响[J]. *食品科学*, 2006, 27(4): 244—246.
HUANG Yuan-yuan, HU Qiu-hui. Effect of a new fashion nano-packing on preservation quality of green tea[J]. *Food Science*, 2006, 27(4): 244—246. (in Chinese)
- [19] Li H M, Li F, Wang L, et al. Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. *inermis* (Bunge) Rehd)[J]. *Food Chemistry*, 2009 (114): 547—552.
- [20] Yang F M, Li H M, Li F, et al. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 °C[J]. *Journal of Food Science*, 2010, 75(3): 236—240.
- [21] 苏晶, 肖洪美, 陈继昆, 等. 新型纳米材料包装对柿果货架期品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(2): 275—276.
SU Jing, XIAO Hong-mei, CHEN Ji-kun, et al. Effect of new fashion nano-packing on shelf-life quality of persimmon [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008, 29(2): 275—276. (in Chinese)

- [22] 李红梅,吴娟,胡秋辉. 食品包装纳米材料对酱牛肉保鲜品质的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 461—464.
LI Hong-mei, WU Juan, HU Qiu-hui. Effect of nano-packing on preservation quality of sauce beef[J]. **Food Science**, 2008, 29(5): 461—464. (in Chinese)
- [23] Hu Q H, Fang Y, Yang Y T, et al. Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during cold storage[J]. **Food Research International**, 2011, (44): 1589—1596.
- [24] 张 瑶,杨京平,杨莹跃,等. 添加纳米粒子的塑料包装材料在杨梅保鲜中的作用[J]. 农业化研究, 2007, (3): 111—114.
ZHANG Yao, YANG Jing-ping, YANG Ying-yue, et al. The application of Ag nanometer antimicrobial on the preservation of waxberry[J]. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, 2007, (3): 111—114. (in Chinese)
- [25] Campos C A, Gerschenson L N, Flores S K. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity[J]. **Food and Bioprocess Technology**, 2011, 4(6): 849—875.
- [26] An J S, Zhang M, Wang S J, et al. Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears affected by coating of silver nanoparticles-PVP[J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2008, 41(6): 1100—1107.
- [27] 殷焕顺,艾仕云,钱萍,等. 纳米银的制备方法及其应用[J]. 材料与研究与应用, 2008, 2(1): 6—10.
YIN Huan-shun, AI Shi-yun, QIAN Ping, et al. Preparation methods and application of silver nanomaterial[J]. **Materials Research and Application**, 2008, 2(1): 6—10. (in Chinese)
- [28] 刘维良,陈汴琨. 纳米抗菌粉体材料的制备与应用研究[J]. 江苏陶瓷, 2002, 35(1): 9—12.
LIU Wei-liang, CHEN Bian-kun. Studies on the production and application of nanometre antibacterial powder[J]. **Jiangsu Ceramics**, 2002, 35(1): 9—12. (in Chinese)
- [29] 夏凡,琚争艳. 食品保鲜中的纳米技术及其安全性研究[J]. 食品科技, 2008, 33(5): 263—266.
XIA Fan, JU Zheng-yan. Nanotechnology in food preservation and its safety investigation[J]. **Food Science and Technology**, 2008, 33(5): 263—266. (in Chinese)
- [30] 张愬,段振华,单薇. 准纳米银对蔬菜汁保鲜的效果[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(2): 63—66.
ZHANG Min, DUAN Zhen-hua, SHAN Wei. Study on preservation effect of vegetable juice with quasi-nanoscale silver[J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry**, 2003, 22(2): 62—66.
- [31] Duan X, Zhang M, Li X L, et al. Microwave freeze drying of sea cucumber coated with nanoscale silver[J]. **Drying Technology**, 2008, 26(4): 413—419.
- [32] Li X L, Duan X, Zhang M, et al. Effect of nano-silver coatings on microbial control of sea cucumber dried by microwave freeze drying[J]. **International Agrophysics**, 2011, 25(2): 181—186.
- [33] 李新林,张愬,段续,等. 纳米银涂膜对微波冻干鲍鱼微生物的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(1): 44—49.
LI Xin-lin, ZHANG Min, DUAN Xu, et al. Effect of nano-silver coating on microorganism control of microwave freeze-dried abalone[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2010, 29(1): 44—49. (in Chinese)
- [34] Colvin V L. The potential environmental impact of engineered nanomaterials[J]. **Nature Biotechnology**, 2003, 21(10): 1166—1170.
- [35] Taylor M R. Assuring the safety of nanomaterials in food packaging: the regulatory process and key issues[M]. *America: Project on Emerging Nanotechnologies*, 2008: 5—12.
- [36] 汤京龙,奚廷斐. 纳米银生物安全性研究[J]. 生物医学, 2008, 25(4): 958—961.
TANG Jing-lon, XI Ting-fei. Status of biological evaluation on silver nanoparticles[J]. **Journal of Biomedical Engineering**, 2008, 25(4): 958—961. (in Chinese)
- [37] 黄凌燕. 超市面点、盘菜纳米保鲜包装技术的应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [38] Service R F. Nanomaterials show signs of toxicity[J]. **Science**, 2003, 300(5617): 243.
- [39] Lecoanet H F, Bottero J, Wiesner M R. Laboratory assessment of the mobility of nanomaterials in porous media[J]. **Environmental Science and Technology**, 2004, 38(19): 5164—5169.
- [40] Huang Y M, Chen S X, Bing X, et al. Nanosilver migrated into food-simulating solutions from commercially available food fresh containers[J]. **Packaging Technology and Science**, 2011, (24): 291—297.
- [41] Choi O, Deng K K, Kim N J, et al. The inhibitory effects of silver nanoparticles, silver ions, and silver chloride colloids on microbial growth[J]. **Water Research**, 2008, 42(12): 3066—3074.

- [42] Chaby G, Viseux V, Poulain J F, et al. Topical silver sulfadiazine-induced acute renal failure[J]. *Annales de Dermatologie et de Venerologie*, 2005, 132(11): 891–893.
- [43] Mirsattari S M, Hammond R R, Sharp M D, et al. Myoclonic status epilepticus following repeated oral ingestion of colloidal silver[J]. *Neurology*, 2004, 62(8): 1408–1410.
- [44] 钟金栋, 夏雪山. 纳米银材料抗菌效果研究及其安全性初步评价[J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2005, 5(30): 15–20.
ZHONG Jin-dong, XIA Xue-shan, ZHANG Rou-yu, et al. Study on antibacterial efficacy of silver nanoparticles and its biological safety evaluation[J]. *Journal of Kunming University of Science and Technology (Science and Technology)*, 2005, 30(5): 15–20. (in Chinese)
- [45] Lee H J, Jeong S H. Bacteriostasis and skin innocuousness of nanosize silver colloids on textile fabrics [J]. *Textile Research Journal*, 2005, 75(7): 551–556.
- [46] 张逸, 鲁双云, 高文娟, 等. 丹参纳米银复合材料的生物安全性研究[J]. 中国美容医学, 2007, 16(5): 596–599.
ZHANG Yi, LU Shuang-yun, GAO Wen-juan, et al. Study on the bio-safety of a salvia miltiorrhiza/nano-silver composite [J]. *Chinese Journal of Aesthetic Medicine*, 2007, 16(5): 596–599. (in Chinese)
- [47] 邱刚, 李引乾, 芮亚培, 等. 纳米银的制备及其药效学研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(3): 33–36.
QIU Gang, LI Yin-qian, PEI Ya-pei, et al. Study on preparation of nanometer silver and pharmacy[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2007, 16(3): 33–36. (in Chinese)
- [48] 梁宏宇, 胡迪, 肖红梅. 纳米技术在果蔬贮藏保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2008, 8(5): 51–54.
LIANG Hong-yu, HU Di, XIAO Hong-mei. Application of nanotechnology for preservation of fruit and vegetable[J]. *Storage and Process*, 2008, 8(5): 51–54. (in Chinese)

会 议 消 息

会议名称(中文): 2012 中国食品与农产品质量安全检测技术应用国际论坛暨展览会

所属学科: 农林基础, 作物学及林木育种、生物学

开始日期: 2012-06-04

结束日期: 2012-06-06

所在国家: 中华人民共和国

具体地点: 北京国际会议中心

主办单位: 中国仪器仪表学会分析仪器分会、中国仪器仪表学会农业仪器应用技术分会

协办单位: 工信部消费品司、中国绿色食品发展中心、中国仪器仪表学会

承办单位: 北京雄鹰国际展览有限公司

联系人: 于健

联系电话: 010-58561248, 13810020807

传真: 010-58561246

E-MAIL: cfas@lanneret.com.cn

通讯地址: 北京市西直门南小街国英 1 号 723 室

邮政编码: 100035

会议网站: <http://www.cfaschina.com/>

会议背景介绍: 中国仪器仪表学会分析仪器分会和中国仪器仪表学会农业仪器应用技术分会将于 2012 年 6 月 4 日—6 日在北京国际会议中心举办“2012 中国食品与农产品质量安全检测技术应用国际论坛暨展览会”。

本届论坛会围绕“为构建我国食品安全保障体系, 进一步推动食品、农产品检测新技术的广泛应用, 完善食品与农产品质检体系建设”的主题开展论坛和展示活动。论坛的主会场将邀请我国食品、农产品各监管部门的领导和食品质检领域的著名学者做主题报告, 同时依据食品与农产品质量安全检测的诸要素, 设立几个专题论坛, 以确保食品与农产品质检领域的科技人士和仪器设备生产企业的专家能得到充分的交流和互动。

会议名称(中文): 2012 食品安全管理会议

会议名称(英文): Food Safety Management Conference 2012

所属学科: 动物食品科学, 管理科学与工程

开始日期: 2012-06-19

结束日期: 2012-06-20

所在国家: 英国

具体地点: Campden BRI, Chipping Campden, UK

主办单位: Elsevier B. V Campden BRI

联系人: Stella Yan

联系电话: +86 10 8520 8659

E-MAIL: Content—Foodsafety2012@elsevier.com

会议网站: <http://www.foodsafetymanagement2012.com/index.html>