

文章编号: 1673 1689(2010)01-0044-06

纳米银涂膜对微波冻干鲍鱼微生物的影响

李新林, 张懋, 段续, 丁占生

(江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要: 为控制鲍鱼微波冻干过程中微生物数量, 试验过程中将鲍鱼进行纳米银涂膜。实验结果表明, 在微波冻干过程中, 以 0.3 mg/L 的纳米银淀粉液涂膜, 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。

关键词: 鲍鱼; 纳米银; 微波冻干; 涂膜

中图分类号: Q 484

文献标识码: A

Effect of Nano-Silver Coating on Microorganism Control of Microwave Freeze Dried Abalone

LI Xin-lin, ZHANG Min*, DUAN Xu, DING Zhan-sheng
(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The aim of this study is to develop a method on the process of microwave freeze drying abalone, nano-silver coating was introduced and the technique experiments were carried out. The results was showed that nano-silver of 0.3mg/L coating could sterilize about 99.1% and the count is less than 30 of Coliform bacteria on the process of microwave freeze drying. To ensure perfect sterilization effect, nano-silver coating technique was combined with microwave freeze drying process. Nano-silver coating treatment could lead to low microorganism number and had no significant effect on drying efficiency.

Key words: Abalone, Nano-silver, Microwave freeze drying, Coating

鲍鱼属软体动物门腹足纲动物。鲍鱼是一种非常名贵的海产食品, 自古就闻名遐尔, 被列为海产“八珍”之一, 近代又被列为“海味四珍”(鲍鱼、海参、鱼翅、鱼肚)之首。它集珍、稀、贵、美为一体, 是其它海味无法相比的, 因而又有“海味之冠”的美誉^[1]。越是名贵的产品, 加工技术越要先进, 在加工过程中, 尽量不使珍贵的营养物质受损失。鲍鱼的传统加工主要是制成干制品, 加工过程包括腌

渍、水煮、晾晒等多个步骤^[2]。这些加工步骤简单粗犷, 营养物质的损失在所难免。为得到高品质鲍鱼干制品, 冷冻干燥是一个很好的选择。

冻干可以保持鲍鱼的原始形态, 还可以保全鲍鱼珍贵的营养物质。但是冻干也有其缺点, 首先能耗大、成本太高, 冷冻干燥时间较长, 通常要 25 h 左右; 其次冻干过程微生物不易控制, 整个冷冻干燥过程中温度都比较低, 对微生物的杀灭作用不大;

收稿日期: 2008-12-14

基金项目: 国家 863 计划项目(2006AA09Z430)。

* 通讯作者: 张懋(1962-)男, 浙江平湖人, 教授, 博士生导师。主要从事农产品加工研究。Email: min@jiangnan.edu.cn

再次, 冷冻干燥的产品因为形成了较多的网状结构而有很强的吸水性, 贮藏过程中很容易吸潮, 从而为微生物生长繁殖提供了条件。为降低冻干成本, 使用微波作为冷冻干燥时的加热源, 这种干燥方式被称为微波冷冻干燥(MFD)^[3]。目前, 有报道称微波冻干被用于一些药物赋形剂水溶液、甘露醇水溶液和牛奶的干燥^[4-6]。另外, 微波由于其热效应和非热效应, 还具有一定的杀菌作用^[7-9]。但是, 仅仅靠微波杀菌是不够的, 为降低冻干后鲍鱼微生物携带量, 为延长冻干鲍鱼的贮藏期, 在鲍鱼冻干之前进行纳米银涂膜, 从而起到降低微生物延长保质期的效果。

现在, 纳米银系抗菌剂被广泛应用到建筑材料、陶瓷制品及纤维、塑料、涂料、医疗卫生等诸多领域^[10-14]。纳米银在食品中的应用主要以纳米银抗菌保鲜膜的研制为主, 市场上最近有纳米银抗菌保鲜盒、纳米银抗菌内胆冰箱出现。而将纳米银直接加入到食品中并不多见。张愨等^[15]将准纳米银加入到蔬菜混合汁中, 与其他防腐剂混合防腐, 效果显著。Jianshen An, Min Zhang 等^[16]人研究过绿芦笋保鲜纳米银涂膜, 微生物控制良好。

众所周知, 金属中铅的毒性远远大于银, 由于目前国家相关干制品标准中, 对银的最大允许剂量没有规定, 特用铅的标准要求银。中华人民共和国国家标准动物性水产干制品卫生标准(GB10144-2005)中规定, 动物性水产干制品中铅的限值为0.5 mg/kg, 本文采用银含量为0.3 mg/L的纳米银溶液涂膜, 研究微波与纳米银涂膜结合, 控制鲍鱼冷冻干燥后微生物数量, 同时也提高产品的货架期。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

新鲜冷冻杂色鲍(*Haliotis diversicolor Reeve*): 无锡朝阳市场购买; 直径约3.0 cm。

主要试剂: 硝酸银(分析纯); 硝酸钾(分析纯); 聚乙烯吡咯烷酮(PVP)(分析纯); 次亚磷酸钠(分析纯); 六偏磷酸钠(分析纯); 营养琼脂(生化试剂)。

1.2 仪器与设备

SPX 型智能生化培养箱: 南京实验仪器厂制造; 101-1BS 型干燥箱: 上海跃进医疗器械厂制造; SW-CJ-LB 型无菌操作台: 苏净集团安泰公司制造; ZDX-35BI 型座式自动电热压力蒸汽灭菌器: 上海申安医疗器械厂产品; HJ-3 恒温磁力搅拌器: 江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司产品; Nano-Zs90

型纳米粒度及 Zeta 电位分析仪: 英国 Malvern 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 纳米银制备

1) 银离子溶液的配制: 称取 1.70 g AgNO_3 溶于 20 mL 去离子水中配成 Ag^+ 溶液, 在 50 °C 水浴中预热。

2) 还原液的配制: 分别称取 1.20 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0.250 g 六偏磷酸钠, 2.70 g PVP 混合后溶于 125 mL 去离子水中, 搅拌至完全溶解后, 移入 500 mL 的三角烧瓶中, 加入 2.5 mL H_2SO_4 ($c = 1.0 \text{ mol/L}$)。

3) 银离子的加入: 50 °C 水浴下, 高速搅拌还原液(将磁力搅拌器搅拌速度调制最高), 然后将 Ag^+ 溶液移入分液漏斗, 以每分钟 30~40 滴的速度滴加入还原液中。滴加完成后, 再继续高速搅拌 60~90 min, 即得墨绿色纳米银溶胶。

4) 超声波处理: 取 2.0 mL 所制银溶胶试样, 加去离子水稀释至 500 mL(纳米银浓度为 43.6 mg/L), 搅拌均匀后, 用超声波 2 W/mL 间歇超声处理 1 min, 每次超声 5 s, 间歇 5 s。

1.3.2 纳米银淀粉涂膜液制备

1) 按照配方称取一定量的氧化淀粉溶于适量 70 °C 水中, 置于恒温磁力搅拌器上, 70 °C 恒温搅拌。淀粉完全溶解后加入甘油, 搅拌 20 min, 然后将温度调至 40 °C。

2) 待淀粉溶液温度降至 40 °C 后加入纳米银水溶液, 搅拌 10 min。得到纳米银淀粉溶液。

3) 将纳米银溶液超声波处理 30 min, 每次超声处理 10 s, 间歇 5 s, 功率 0.5 W/mL。冷却至室温备用。

1.3.3 鲍鱼预处理及纳米银涂膜

1) 将购买的冷冻鲍鱼温水解冻, 清洗干净, 然后沥干自由水份, 取样检测微生物。

2) 用无菌水稀释纳米银至 0.3 mg/L 备用。另外, 配制 0.3 mg/L 的纳米银淀粉溶胶备用。

3) 将预处理好的鲍鱼分别放入纳米银水溶液和纳米银淀粉溶胶浸泡 30 s, 取出沥干自由水份。同时取一份鲍鱼放入无菌水中浸泡 30 s, 作为对照。各处理鲍鱼取样检测微生物含量。将上述各处理鲍鱼放入 -80 °C 超低温冰箱冷冻 8 h。

1.3.4 鲍鱼微波冷冻干燥实验 将处理好冷冻鲍鱼放入冻干机内微波冷冻干燥 12 h, 功率 4.2 W/g, 真空度 50~80 Pa, 物料中心温度 25 °C。干燥结束, 取样检测微生物。

1.3.5 FD 鲍鱼的吸湿性研究 利用康维皿静态称重测试法原理, 自制装置: 取一干燥器, 底部盛有一定量的 KNO_3 饱和溶液, 取适量各种涂膜冻干鲍鱼, 在干燥器口部涂上凡士林, 盖好盖子, 置于 30°C 生化培养箱。每 5 d 检测一次细菌总数, 观察一个月内涂膜冻干鲍鱼在此高湿环境中的微生物变化。

1.3.6 样品分析

1) 失水率测定 按照 3.3.3 纳米银涂膜方法涂膜, 沥干自由水份后, 微波冷冻干燥, 根据实验要求按时取样检测。试验中以失水率斜率表示干燥速率。

$$\text{失水率} = \frac{\text{湿重} - \text{干重}}{\text{湿重}}$$

2) 复水比测定 将干品浸于 30°C 蒸馏水中复水 8 h, 每 2 h 取出放入布氏漏斗的滤纸上, 布氏漏斗置于抽滤长颈瓶上, 长颈瓶与循环水真空泵相连, 用真空泵抽真空 30 s, 除去样品表面水分, 取出称重。每样重复 3 次, 取平均值。

$$F = \frac{\text{复水后总重}}{\text{复水前干品总重}}$$

3) 微生物检测 菌落总数检测, 按中华人民共和国国家标准——食品卫生微生物学检验菌落总数测定 GB/T 4789.2—2003; 大肠菌群检测, 按中华人民共和国国家标准——食品卫生微生物学检验大肠菌群测定 GB/T 4789.3—2003。

4) 纳米银表征 纳米粒度分析仪检测。

5) 鲍鱼中银含量检测 无火焰原子吸收冷冻干燥好的鲍鱼用原子吸收检测其银含量, 精确称取粉碎后样品 0.2 g 左右, 微波消解, 用石墨炉原子吸收检测。

2 结果与讨论

2.1 纳米银淀粉溶胶的制备结果

按照试验方法配制一定浓度的纳米银淀粉溶液, 利用纳米粒度分析仪检测, 结果见图 1。

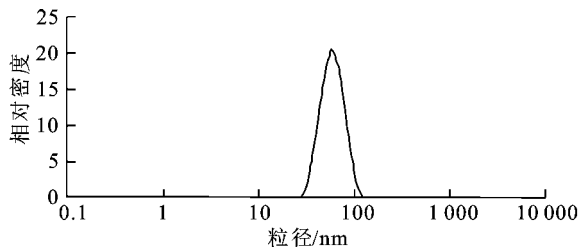


图 1 纳米银淀粉膜溶液中银粒子粒度分布

Fig. 1 Size distribution of nano silver of the nano silver starch membrane solution

从图中可以看出, 纳米银在淀粉溶液中分布均匀, 平均粒径 71.3 nm。试验过程中, 超声波产生强大的搅拌及空化作用的作用有两方面, 一方面可以使纳米银颗粒在淀粉溶液中均匀分散; 另一方面, 超声波使大多数淀粉颗粒的结构被破坏, 分子链变短, 支链淀粉被打断, 直链淀粉的成分提高, 分子链充分伸展, 更利于纳米银分散。

2.2 涂膜对鲍鱼干燥速率的影响

为了解纳米银涂膜, 特别是纳米银淀粉膜溶液涂膜会不会影响鲍鱼干燥速率, 将鲍鱼涂膜后微波冻干, 与未涂膜对照相比, 结果见图 2。从图中可以看出, 纳米银涂膜鲍鱼失水率与对照组鲍鱼没有差别, 图中失水率的斜率为干燥速率。由此可见纳米银涂膜, 包括纳米银淀粉溶液涂膜对鲍鱼冻干过程没有影响, 涂膜不会降低鲍鱼的干燥速率。主要原因是: 首先, 纳米银淀粉膜所用氧化淀粉较少, 所形成的膜透气性较好。其次, 纳米银淀粉膜在冷冻时形成的冰晶, 在干燥过程中直接升华, 留下很多孔状结构。

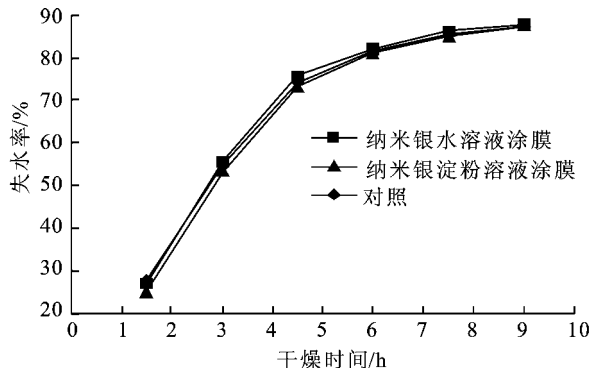


图 2 涂膜对干燥速率的影响

Fig. 2 Effect of coating on drying rate

2.3 涂膜对鲍鱼复水比的影响

为了解纳米银涂膜会不会影响鲍鱼复水速度, 将冻干涂膜鲍鱼复水, 结果见图 3, 单位时间内的复水比表示复水速率。图中涂膜与不涂膜鲍鱼复水速率没有区别, 主要原因: 氧化淀粉很容易溶于水, 在鲍鱼复水时, 淀粉溶于水, 鲍鱼表面的膜消失, 所以涂膜鲍鱼复水速率与对照组鲍鱼没有差别。

2.4 纳米银涂膜结合微波冻干对鲍鱼中微生物的影响

1) 纳米银涂膜结合微波冻干对鲍鱼总菌的影响 鲍鱼进行纳米银涂膜, 涂膜浓度为 0.3 mg/L , 微波时间 12 h。每两小取样检测细菌总数, 结果绘制图 4。从图中不难看出: 涂膜和不涂膜的鲍鱼微生物都有所下降, 其中, 涂有纳米银淀粉膜的鲍鱼微生物下降最为明显, 微生物减少两个数量级以

上, 纳米银淀粉抗菌膜的杀菌效果达到 99.2% 以上。涂有纳米银水溶液的鲍鱼, 微生物下降一个数量级以上, 杀菌率为 96.5%, 而对照未经涂膜的鲍鱼, 仅在微波的作用下, 其微生物也被杀灭了 91.7%。

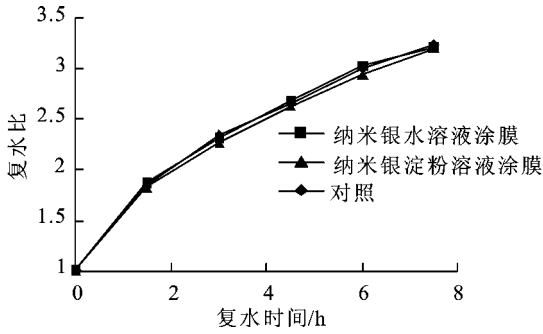


图 3 涂膜对复水比的影响

Fig. 3 Effect of coating on rehydration rate

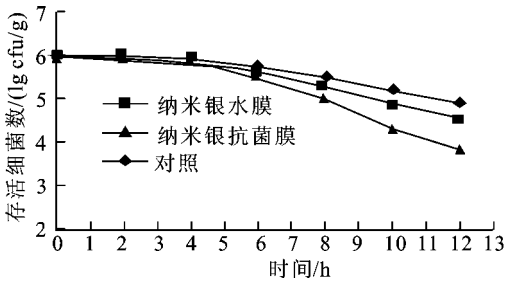


图 4 纳米银涂膜对鲍鱼细菌总数的影响

Fig. 4 Effect of nano silver coating on the total number of bacteria of abalone

2) 纳米银涂膜结合微波冻干对鲍鱼大肠菌群的影响 鲍鱼真空微波冷冻干燥 12 h 后, 水份含量在 3% 以内, 在纳米银和微波共同作用, 鲍鱼中细菌总数的变化如表 1。从表中可以看出: 纳米银淀粉溶液涂膜可以将鲍鱼大肠菌群 cfu 控制在 30 以下, 而纳米银水溶液涂膜, 大肠菌群最大可能数 (MPN) 在 30 左右。

表 1 纳米银涂膜对鲍鱼大肠菌群的影响

Tab. 1 Effect of nano silver coating on Coliform of abalone

	对照/ cfu	纳米银水溶液/ cfu	纳米银淀粉溶液/ cfu
涂膜前	1310	1310	1310
涂膜后	96	50	< 30

纳米银淀粉膜的杀菌效果明显好于纳米银水溶液, 分析其原因有如下几种: 首先由于淀粉溶液的粘度要大于水溶液, 即使浓度相同, 鲍鱼涂膜后, 鲍鱼表面的纳米银含量还是有一定差别的, 这个在后面检测中得到证实。其次, 纳米银淀粉溶液涂膜后, 在鲍鱼表面形成一层透明的薄膜, 这层薄膜改

变的鲍鱼表面微生物生活的微环境, 在一定程度上限制了微生物的生长。另外, 鲍鱼表面的一层薄膜在一定程度上阻止了外界微生物直接接触鲍鱼表面, 这样减少了外界微生物与鲍鱼的直接接触。

2.5 纳米银浓度对鲍鱼杀菌效果的影响

鲍鱼经不同浓度纳米银涂膜, 微波冷冻干燥后, 微生物变化如图 5。从图中可以看出: 1) 浓度的增加, 纳米银的杀菌效果逐渐增强, 其中纳米银淀粉抗菌膜的杀菌效果增强速率要大于纳米银水溶液。2) 各种浓度下, 纳米银淀粉抗菌膜的杀菌效果都强于纳米银水溶液涂膜。3) 对于纳米银水溶液涂膜, 质量浓度在 0.05~0.2 mg/L 范围内, 在排除干燥过程对微生物的影响, 纳米银的杀菌效果不明显, 而且不同浓度的纳米银杀菌作用区别不大。主要原因是: 纳米银分散在鲍鱼表面, 由于浓度很低, 单位面积内纳米银颗粒较少, 微生物不易与纳米银接触。根据纳米银杀菌原理, 纳米银只对接触或附近微生物起作用, 所以纳米银浓度太低, 效果较差。

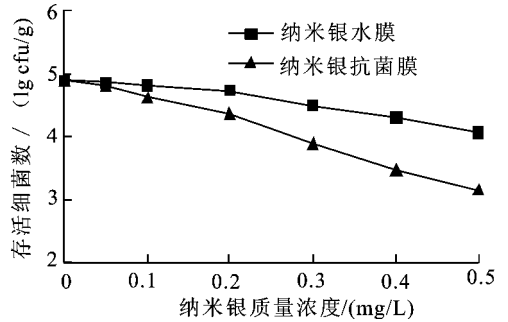


图 5 纳米银浓度对杀菌效果的影响

Fig. 5 Effect of concentrations of nano silver on bactericidal of abalone

2.6 纳米银淀粉涂膜对 FD 鲍鱼货架期的影响

将鲍鱼置于 30℃, 92.31% 的相对湿度下贮藏一个月, 鲍鱼 A_w 为 0.92。在此条件下, 各处理微波冻干海参微生物变化如图 6。

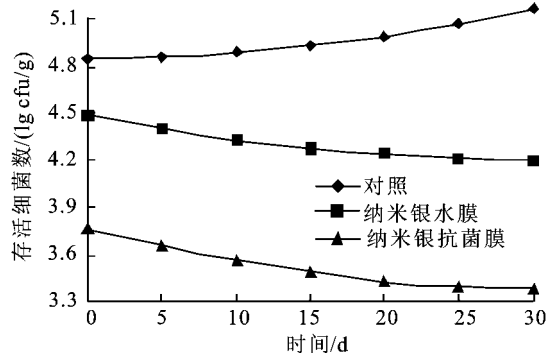


图 6 贮藏一个月鲍鱼细菌总数的变化

Fig. 6 Change of aerobic bacterial count of abalone in one month Storage

从图中可以看出,在储藏的一个月之内,对照组鲍鱼上自身携带微生物在高温高湿环境中有一定的增加,而涂有纳米银水溶液和纳米银淀粉溶液的鲍鱼,其上微生物有一定的减少。从微生物下降的速率看,在储藏初期微生物下降较快,到后期微生物数量趋于平稳。涂有纳米银淀粉膜的鲍鱼,其微生物数量下降速度和降幅都要大于纳米银水溶液组。

根据纳米银抗菌具有持续性的特点,将鲍鱼贮藏在高温高湿环境中,预计在一个月以后,对照组微生物数量继续上升,而涂有纳米银鲍鱼,其微生物数量经历一个较长的平稳期后才会缓慢增加。

2.7 冷冻干燥鲍鱼中银含量检测结果

1) 无火焰原子吸收 鲍鱼经质量浓度为 0.3 mg/L 的纳米银涂膜,无火焰原子吸收测得结果如表 2。经石墨炉原子吸收检测,最终鲍鱼产品上银含量很低,考虑到鲍鱼烹饪之前还要复水、清洗,食用时鲍鱼中银含量会更低。据此分析,纳米银涂膜非常安全。

2) 安全计量浓度的确定 从表 2 中可以看出,纳米银淀粉抗菌液涂膜后,最终产品上银含量为涂膜时的 55.7%,以 60% 记,0.5 mg/L 的纳米银淀粉抗菌液涂膜,最终鲍鱼产品的银含量为 0.3 mg/kg。

在确定所使用纳米银浓度时,首先确定物料的初始带菌量,然后选择能将微生物降至安全标准之内的最低浓度。如果物料初始带菌量过多,应采取一定的预处理后,再进行纳米银涂膜。在本研究中,

根据实验所用批次鲍鱼的原始带菌量,选用度为 0.3 mg/L 纳米银淀粉抗菌膜溶液涂膜。

表 2 原子吸收检测结果

Tab. 2 Results of atomic absorption test

样品	银含量(mg/kg)
对照鲍鱼	< 0.01
涂纳米银水溶液鲍鱼	0.156
涂纳米银淀粉抗菌膜溶液鲍鱼	0.167

3 结 语

1) 使用纳米银淀粉抗菌膜溶液涂膜对鲍鱼失水率、复水比等都没有明显影响。

2) 在微波冷冻干燥过程中,纳米银涂膜与微波结合,可以很好的杀灭鲍鱼中微生物,其中涂有纳米银水溶液的鲍鱼,其微生物死亡率在 96.5%,而涂有纳米银淀粉溶液的鲍鱼,微生物的死亡率达到 99.2% 左右。新鲜冷冻鲍鱼在解冻、清洗、0.3 mg/L 纳米银涂膜杀菌、微波真空冷冻干燥后,细菌总数和大肠菌群都达到国家相关卫生标准。

3) 微波冻干鲍鱼在温度为 30 ℃,相对湿度为 92.31% 下贮藏一个月内,未涂膜的对照组鲍鱼上微生物数量有一定的增加,而涂有纳米银的鲍鱼微生物数量刚开始下降,后来趋于稳定。

4) 经无火焰原子吸收检测,纳米银水溶液涂膜鲍鱼银含量为 0.156 mg/kg,纳米银淀粉抗菌膜涂膜鲍鱼银含量为 0.167 mg/kg。

参考文献(References):

- [1] 张汉祥. 海味“四珍”之首鲍鱼[J]. 科学养鱼, 2007, 11: 71.
Zhang Hanxiang. Abalone—the first of “four rarity” sea food[J]. *Scientific fish*, 2007, 11: 71.
- [2] 牟水元. 鲍鱼加工[J]. 渔业致富指南, 2007, 4: 55–56.
Mou Shuiyuan. Abalone processing[J]. *Rich fishing guide*, 4: 55–56.
- [3] Zhang M, Tang J M, Mujumdar A S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2006, 17 (10): 524–534.
- [4] Wang W, Chen G H. Numerical investigation on dielectric material assisted microwave freeze drying of aqueous mannitol solution[J]. *Drying Technology*, 2003, 21 (6): 995–1017.
- [5] Wang W, Chen G H, Gao F. Effect of dielectric material on microwave freeze drying of skim milk[J]. *Drying Technology*, 2005 23 (1-2 SPEC. ISS.), 317–340.
- [6] Wang W, Chen G H. Theoretical study on microwave freeze drying of an aqueous pharmaceutical excipient with the aid of dielectric material[J]. *Drying Technology*, 2005 23 (9–11): 2147–2168.
- [7] Bell W C, Myrick M L. Preparation and characterization of nanoscale silver colloids by two novel synthetic routes[J]. *Colloid and Interface Science*, 2001, 242, 300–305.
- [8] Dibrov P. Antimicrobial Agents[J]. *Chemotherapeutant*. 2002, 46, 2668–1670.
- [9] Duan X, Zhang M, Mujumdar A S. Studies on the microwave freeze drying technique and sterilization characteristics of cabbage[J]. *Drying Technology*, 2007, 10 (25): 1725–1731.

- [10] Dibrov P. Antimicrobial Agents[J]. **Chemotherapeutant**, 2002, 46, 2668- 1670.
- [11] Yin J, Zhang Y, et al. Preparation of nanor Ag particles and antibacterial dope loaded silver[J]. **Key Engineering materials**, 2007, 336- 338, 2115- 2117.
- [12] Lee H, Jeong S. Bacteriostasis and skin innocuousness of nanosize silver colloidson[J]. **Textile Fabrics**, 2005, 75(7) : 551 - 556.
- [13] Ah V, Steinrticke P, Bechert T, et al. In vitro antimicrobial activity of nanoparticulate silver bone cement[J]. **Journal of Bone & Joint Surgery**, 2004, 87(12) :246- 248.
- [14] Rhim J W, Hong S I. Preparation and characterization of chitosan based nanocomposite films with antimicrobial activity [J]. **Journal of agriculture and food Chemistry**, 2006, 54(16) :5814- 5822.
- [15] 张懋. 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. Study on preservation of vegetable juice with quasi nanoscale silver[J]. **Journal of University of Light Industry**, 2003, 22(2) : 63- 66.
- [16] Jianshen An, Min Zhang, Shaojin Wang, et al. Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles- PVP[J]. **LWT- Food Science and Technology**, 2008, 41(6) : 1100- 1107.

(责任编辑: 杨萌)

《食品与生物技术学报》2009 年征稿征订启事

《食品与生物技术学报》(双月刊)是教育部主管、江南大学主办的有关食品科学与工程、生物技术与发酵工程及其相关研究的专业性学术期刊,为 CSCD 核心期刊、全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国期刊方阵双效期刊,目前被美国化学文摘(CA)等国内外 10 余家著名检索系统收录。主要刊发食品科学与工程,食品营养学,粮食、油脂及植物蛋白工程,制糖工程,农产品及水产品加工与贮藏,动物营养与饲料工程,微生物发酵,生物制药工程,环境生物技术等专业最新科研成果(新理论、新方法、新技术)的学术论文,以及反映学科前沿研究动态的高质量综述文章等,供相关领域的高等院校、科研院所、企事业单位的教学、科研等专业技术人员、专业管理人员以及有关院校师生阅读,热忱欢迎广大读者订阅。

《食品与生物技术学报》,双月刊, A4(大 16K)开本, 144 页,全年 6 期,每册定价 15.00 元,全年定价 90 元。邮发代号: 28- 79,全国各地邮局均可订阅。

《食品与生物技术学报》编辑部