

姜提取物生物合成纳米银抑菌活性的研究

刘冲冲¹, 王磊², 徐慧¹, 姜宇², 李福艳², 宿红艳^{*3}

(1. 鲁东大学 化学与材料科学学院, 山东 烟台 264025; 2. 鲁东大学 生命科学学院, 山东 烟台 264025; 3. 鲁东大学农学院, 山东 烟台 264025)

摘要: 作者利用姜提取液作为还原剂生物合成具有抑菌活性的纳米银材料, 避免了传统合成过程中危害环境的弊端。生物合成的纳米银材料分别采用紫外吸收光谱(UV-vis)、透射电子显微镜(TEM)、X射线晶体衍射(XRD)等方法进行表征。结果表明, 该纳米银颗粒为面心立方结构, 呈球形, 粒径范围在5~30 nm, 分散性良好。体外抑菌结果显示, 姜提取液合成的纳米银对供试的8种典型病原菌(包括4种典型的临床耐药病原菌和4种海洋水产病原菌)均具有显著的抑菌效果, 对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度和最小杀菌质量浓度分别为25.7 $\mu\text{g/mL}$ 和51.4 $\mu\text{g/mL}$ 。长期稳定性实验和热稳定性实验表明, 该生物合成的纳米银具有优良的稳定性。最终实验结果表明, 利用姜提取物能够合成出环境友好、广谱高效、性能稳定的新型抗菌剂。

关键词: 姜; 纳米银; 生物合成; 抑菌活性; 稳定性

中图分类号: S 38 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2017)06-0590-08

Antibacterial Study of Silver Nanoparticles Biosynthesized with Ginger Extract

LIU Chongchong¹, WANG Lei², XU Hui¹, JIANG Yu², LI Fuyan², SU Hongyan^{*3}

(1. College of Chemistry and Material Sciences, Ludong University, Yantai 264025, China; 2. College of Life Sciences, Ludong University, Yantai 264025, China; 3. College of Agriculture, Ludong University, Yantai 264025, China)

Abstract: Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extract was found to have a brand new application in this paper. The antibacterial silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized using ginger extract as a reducing agent, which avoid the disadvantages of environmental hazards in traditional methods. The as-prepared AgNPs were fully characterized by means of UV-visible (UV-vis) spectroscopy, transmission electron microscopy (TEM) and X-ray diffraction (XRD) technique. The results showed that the AgNPs was face-centered cubic structure, and the spherical-shaped nanoparticles were polydisperse in the size range 5~30 nm. The synthesized silver nanomaterials showed remarkable antibacterial activity against all tested pathogens including four kinds of multidrug resistant clinical isolates and four kinds of aquatic pathogens. The minimum inhibitory concentration

收稿日期: 2015-09-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(31570649); 山东省自然科学基金项目(ZR2013CM018); 山东省高校科技项目(J15LE03); 烟台市科技发展规划项目(2013NC049)。

* 通信作者: 宿红艳(1976—), 女, 山东淄博人, 理学博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事植物生物技术方面的研究。

E-mail: suhongyan66@126.com

引用本文: 刘冲冲, 王磊, 徐慧, 等. 姜提取物生物合成纳米银抑菌活性的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(06): 590-597.

(MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) of the AgNPs against *Staphylococcus aureus* were 25.7 $\mu\text{g/mL}$ and 51.4 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Moreover, stability studies showed that the biosynthesized AgNPs had excellent long-term stability as well as thermal stability. Therefore, the ginger extract could be used to synthesize a new kind of AgNPs with stable and broad-spectrum antimicrobial activity.

Keywords: ginger, silver nanoparticles, biological synthesis, antibacterial activity, stability

随着抗生素工业的发展和抗生素在各领域中的长期应用,大量发生变异的病原菌对抗生素产生了耐受和拮抗作用,出现了耐药性。令人感到忧虑的是,有的菌株甚至对目前临床上常用的绝大多数抗生素都不再敏感,具有很强的抵抗能力,人们称之为“超级细菌”,目前对于这些菌株几乎到了无药可用的地步^[1-2]。为解决上述问题,科学家开始致力于开发更加安全有效、不易产生耐药性的新型抗菌剂。

银作为一种金属无机杀菌剂有着悠久的历史,人们很早就开始使用银器来杀菌消毒^[3],后来人们将银或银离子负载于无机物载体之上开发出无机银类抗菌剂,该系列抗菌剂安全高效,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌均有很好的抑制作用^[4]。其抗菌机制为:银元素或银离子带有正电荷,可以与带负电荷的微生物细胞膜结合,改变膜的通透性,并与菌体蛋白质和核酸结合,破坏微生物分裂增殖能力,最终导致其死亡^[5]。基于其优异的抗菌特性,含银系列抗菌剂已经成为商品化无机抗菌剂研究的重要方向^[6]。

随着纳米技术的发展,纳米材料不断涌现,纳米级无机抗菌剂的应用日益广泛,其中纳米银(Silver nanoparticles, AgNPs)是研究和应用最为广泛的纳米抗菌材料。纳米银是一种粒径在1~100 nm之间的金属银微粒,以其独特的量子效应、小尺寸效应以及大的比表面积表现出异于常规材料的优异特性,被广泛应用于光学、超导材料、催化、生物传感、生命科学、食品医药等多个领域^[7-10]。近年来研究发现,纳米银具有超强的渗透性及抗菌活性,其杀菌作用比普通银显著提高,抗菌性强、抗菌谱广,具有不易产生耐药性的优点,因此这种新兴的纳米银抗菌材料为抗菌剂的研发开辟了新的方向^[6,11-12]。

传统制备纳米银材料主要通过物理、化学等方法,但物理方法对设备要求高,化学方法采用的化

学试剂常对环境造成危害^[13]。近年来纳米生物合成法采用生物体内蕴含的活性物质作为还原剂和稳定剂制备纳米银,具有价格低廉、合成效率高、反应条件温和、产物稳定、绿色环保等优点。由于生物提取物中富含糖类、脂类、蛋白质等生物大分子,能够与纳米材料结合而赋予其优异的理化性状和独特的生物学特性。因此,纳米生物合成法成为纳米银研究领域的新热点,具有广阔的发展前景^[14-15]。

姜(*Zingiber officinale* Roscoe)为姜科、姜属,俗称生姜、地辛等。姜是亚洲传统食药两用植物,其根茎是日常烹饪中常用的一种重要的调味品^[16]。经过炮制姜还是一种重要的中药材,具有清热解毒、散寒发汗、化痰止咳、止呕等功效,同时它还具有抗菌消炎、抗衰老、降血压、降血脂等保健功能。研究表明:姜中主要含有挥发油等单萜类物质以及姜酚类、姜烯酚类等酚类成分及黄酮类化合物,它们都能清除活性氧自由基,具有较强的抗氧化作用^[17-18]。

作者利用姜中提取的丰富抗氧化物质为还原剂,采用一步还原法制备纳米银抑菌材料,并通过姜本身所具有的抗菌作用达到协同提高抑菌效果的目的。制备的纳米银粒子采用紫外/可见分光光度计(UV-vis)、透射电子显微镜(TEM)和X射线晶体衍射(XRD)等方法进行验证和检测,并以8种典型的病原菌(包括4种常见的临床耐药病原菌和4种海洋水产病原菌)为供试菌,检测其抑菌生物活性,为姜资源的利用和开发开辟了新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料及试剂

1.1.1 材料与菌种 姜:市场购买;菌种:实验中所用供试病原菌包括4种临床病原菌,分别为大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*);

4种海洋水产病原菌:鳃弧菌(*Vibrio anguillarum*)、溶藻弧菌(*Vibrio alginolyticus*)、副溶血弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*)和点状气单胞菌(*Aeromonas punctata*);以上菌株均由作者所在实验室保藏。

1.1.2 试剂与培养基 硝酸银(AgNO_3)、氯化钠(NaCl)、琼脂粉:均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司;蛋白胨、酵母浸粉:购于上海生工生物工程技术有限公司;实验用水为双蒸水。

LB培养基:胰蛋白胨 10 g,酵母提取物 5 g,氯化钠 5 g,琼脂粉 15 g,蒸馏水定容至 1 000 mL,调节 pH 值至 7.4;以上成分不加琼脂粉配制液体培养基,120 °C高压灭菌 20 min。该培养基用于临床病原菌的培养。

2216E培养基:蛋白胨 5 g,酵母膏 1 g,磷酸高铁 0.01 g,琼脂粉 15 g,陈海水定容至 1 000 mL,用 1 mol/L 的 NaOH 调节 pH 值至 7.6~7.8;以上成分不加琼脂粉配制液体培养基,120 °C高压灭菌 20 min。该培养基用于海洋水产病原菌的培养。

1.1.3 仪器 LDZX-50FB 型高压灭菌锅:上海申安医疗器械有限公司制造;SW-CJ-2F 型超净工作台:苏州净化设备有限公司制造;HZQ-C 型恒温培养摇床,哈尔滨东明医疗仪器厂制造;PYX-DHS 型恒温培养箱:上海跃进医疗器械厂制造;UV-255 紫外-可见分光光度计:日本岛津公司制造;JEM-1230 透射电子显微镜:日本电子株式会社制造;D/max-2500 型 X 射线衍射仪:日本理学公司制造。

1.2 实验方法

1.2.1 姜提取物的制备 称取姜 5.0 g,蒸馏水清洗 3 次后切成小块,加入 100 mL 70%的乙醇,70 °C 加热回流 2 h,自然冷却,抽滤,得到姜提取液,4 °C 保存备用。

1.2.2 生物合成纳米银 取 20 mL 双蒸水于 100 mL 圆底烧瓶中,加入 200 μL 、0.1 mol/L 的 AgNO_3 溶液,再加入 1 mL 上述姜提取液,搅拌均匀,85 °C 加热回流约 20 min,待溶液逐渐变为金黄色时停止加热,即得到生物合成的纳米银材料,4 °C 避光保存。

1.2.3 姜合成纳米银的表征 姜合成纳米银颗粒的最大吸收波长采用紫外-可见分光光度计检测:以姜提取液为对照,300~800 nm 全波长扫描;纳米银颗粒的形态及粒径用透射电子显微镜进行表征:取 5 μL 样品滴加在覆炭铜网上,室温干燥,在 100

kV 电压下观察样品的形貌、粒度大小及形态;采用 X 射线晶体衍射技术分析银纳米颗粒的晶体结构:取一定量合成的纳米银,浓缩后滴到样品槽内,60 °C 真空干燥 1 h,反复操作 5~6 次,在槽内形成固体纳米银,然后用 X 射线衍射仪进行表征,以 Cu 、 $\text{K}\alpha$ 为辐射源, $\lambda=0.154\ 06\ \text{nm}$,电压 40 kV,电流 200 mA,扫描范围 5~80°。

1.2.4 姜合成纳米银的抑菌活性检测

1) 抑菌圈实验:采用杯碟法检测生物合成纳米银的抑菌圈^[9]。将供试病原菌接种至新鲜斜面培养基上活化,将临床病原菌接种在 LB 培养基上,37 °C 培养。将水产病原菌接种在 2216E 培养基上,28 °C 培养活化。活化好后,从上述斜面培养基上挑取各供试菌接种到相应的液体培养基中培养过夜至对数生长期后,将培养液稀释至 $1\times 10^6\ \text{CFU/mL}$,取 100 μL 均匀涂布于相应的固体培养基平板上,然后在培养基上放置牛津杯(杯外径 8 mm),在牛津杯中加入 20 μL 生物合成的纳米银溶液,并以生理盐水为对照。将培养皿置于恒温培养箱中(临床病原菌 37 °C;水产病原菌 28 °C)培养 24 h,每种菌重复 3 次实验。分别测量各病原菌的抑菌圈直径,求平均值,判断合成纳米银材料的抑菌活性。

2) 抑菌动力学实验:以金黄色葡萄球菌作为供试菌,将金黄色葡萄球菌菌液 50 μL 接种到 5 mL LB 液体培养基中,37 °C 培养至对数增长期,将培养好的菌液稀释成 $1\times 10^6\ \text{CFU/mL}$ 。分别加入不同量的纳米银溶液使其终质量浓度分别为 10、20 $\mu\text{g/mL}$,以加生理盐水的菌液为对照,37 °C 恒温摇床 150 r/min 培养,每隔 0、10、30、60、120、180 min 取样,用分光光度计测量 600 nm 下的吸光度值,以时间为横坐标做出金黄色葡萄球菌的生长动力学曲线。

3) 最小抑菌浓度(MIC)与最小杀菌浓度(MBC)的测定:以金黄色葡萄球菌作为供试菌,采用二倍稀释法测定生物合成纳米银的最小抑菌浓度(Minimum inhibitory concentration, MIC)和最小杀菌浓度(Minimum bactericidal concentration, MBC)。具体方法为:将生物合成的纳米银溶液(102.8 $\mu\text{g/mL}$)采用二倍稀释法分别稀释成 8 个浓度梯度。取 8 支试管,分别加入 2 mL LB 液体培养液并依次加入 2 mL 的上述纳米银溶液,充分混匀,再加入 $1\times 10^6\ \text{CFU/mL}$ 的金黄色葡萄球菌的菌悬液 0.2 mL。另取两支试管,分别加入 4 mL LB 液体培养液作为阴性对照

组;加入 4 mL 1×10^6 CFU/mL 的金黄色葡萄球菌悬液作为阳性对照组。37 °C、150 r/min 培养 24 h,观察菌体生长情况,以发生不浑浊的试管为阴性(-),发生浑浊的试管为阳性(+),以阴性管中对应的纳米银溶液的最低浓度为该活性物质的 MIC。将上述各阴性管中的培养物分别涂布于 LB 固体培养基平板上,于 37 °C 恒温培养箱中倒置培养 24 h,观察菌落的生长情况。生长菌落数小于 5 个的培养平板对应的纳米银溶液最低浓度即为该活性物质的 MBC。上述实验均 3 次重复。

1.2.5 姜合成纳米银稳定性的研究

1)长期稳定性实验:将样品于 4 °C 下避光放置三个月,观察溶液颜色变化及团聚情况,判断样品的稳定性。

2)热稳定性实验:将样品分别于 40、60、80、100 °C 下处理 1 h,再进行抑菌圈实验,检测温度对姜合成纳米银抑菌活性的影响。

2 结果与分析

2.1 姜合成纳米银的制备

淡棕色的姜提取液与无色的 AgNO_3 溶液混合加热,随着反应时间的延长,溶液的颜色逐渐呈现出纳米银特征的金黄色,而未加 AgNO_3 的提取液颜色没有改变,见图 1。反应溶液颜色的变化初步表明,姜提取液中的生物活性物质能够将 Ag^+ 还原成 AgNPs。

2.2 紫外-可见(UV-vis)吸收光谱分析

将合成的纳米银颗粒用紫外-可见分光光度计进行检测,吸收光谱图见图 1。姜提取液生物合成的纳米银的吸收峰在 418 nm 附近,而姜提取液在相应位置无吸收峰。纳米银的表面等离子共振(surface plasmon resonance, SPR)吸收峰范围在 400~500 nm 内^[20],故合成产物在 418 nm 出现的吸收峰是纳米银粒子的特征吸收峰,验证了纳米银的生成。

2.3 透射电子显微镜(TEM)图谱

TEM 结果表明,由姜提取液生物合成的纳米银多为球形颗粒,呈良好的分散状态,粒径范围在 5~30 nm 之间,且大小较为均匀,50%的纳米银颗粒的粒径为 15 nm 左右,见图 2。研究表明,纳米银粒子首先聚集在细菌表面,然后透过细胞导致细菌细胞壁和细胞膜的破坏^[21],我们合成的这种粒径较小的

纳米银粒子有利于透过病原菌发挥抑菌作用。

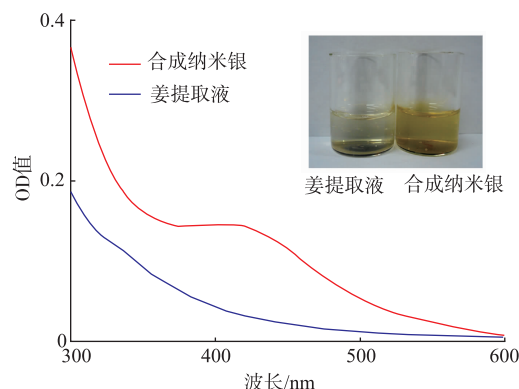


图 1 姜提取液及其合成的纳米银的紫外-可见吸收光谱
Fig. 1 UV-visible absorption spectra of ginger extract and the biosynthesized AgNPs

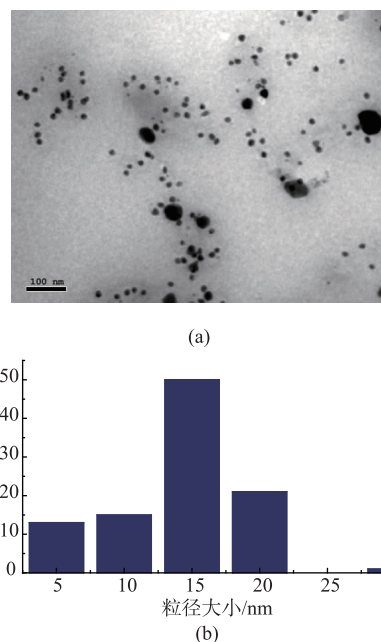


图 2 姜合成纳米银的透射电镜照片及粒径分布图
Fig. 2 TEM image of AgNPs biosynthesized by ginger extract and their particle size distribution

2.4 X 射线晶体衍射(XRD)分析

为了证明制备的银纳米颗粒的晶体类型,作者对生姜提取液制备的纳米银进行了 XRD 测试,结果见图 3。由图 3 看出,样品在 37.93°和 44.14°处出现了两个衍射峰,分别对应了银纳米颗粒的 (1 1 1)、(2 0 0) 晶面(参照标准 PDF 卡 01-1164);在 27.85°、32.29°和 46.28°处出现了三个衍射峰,分别

对应了氯化银的(1 1 1)、(2 0 0)和(2 2 0)晶面(参照标准 PDF 卡 01-1013)。表明样品中存在银纳米颗粒,晶体结构为面心立方结构,从而证明以生姜提取液可以有效地合成银纳米。而产物中氯化银的出现可能是由于生姜提取液中的生物残基存在氯离子,在合成过程中同时生成了氯化银。

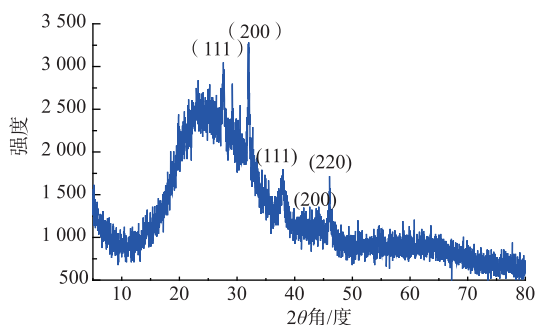
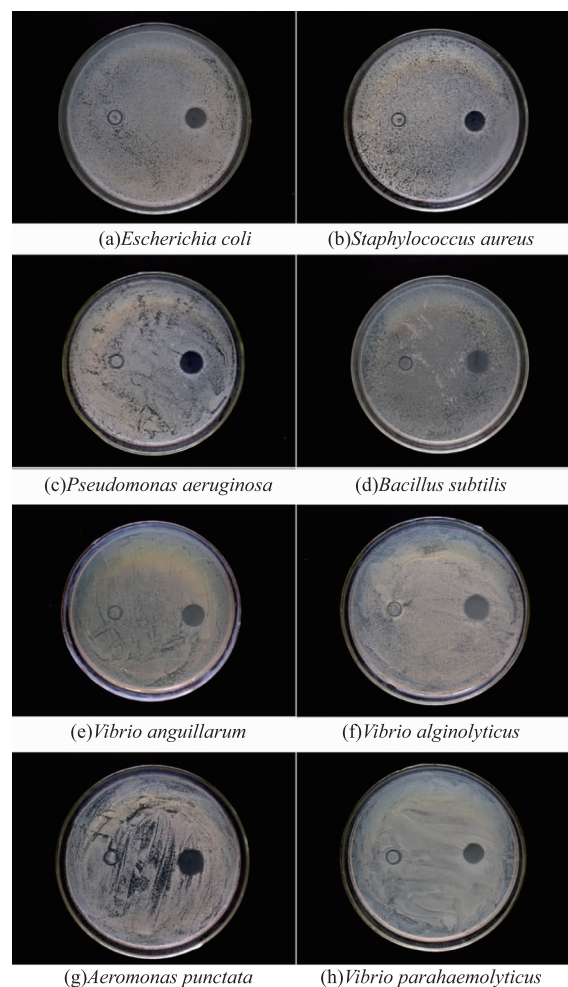


图 3 姜合成纳米银的 XRD 图谱

Fig. 3 XRD patterns of AgNPs synthesized from ginger extract

2.5 姜合成纳米银的抑菌活性检测

2.5.1 抑菌圈实验 采用琼脂扩散法检测姜合成纳米银对 8 种典型病原菌的抑菌活性进行评价,结果见图 4。合成的纳米银溶液无论对临床病原菌还是对水产病原菌均具有明显的抑菌活性,而生理盐水对照组对供试病原菌则不产生抑制作用。纳米银的强抑菌活性缘于其可以作为银离子的储存库不断释放 Ag^+ 产生杀菌作用^[2]。姜合成纳米银对不同病原菌的抑菌圈直径各不相同,反映了供试病原菌对该材料的敏感性不同,见表 1。Kaviya 等^[23]的研究结果表明,利用垂枝暗罗 (*Polyalthia longifolia*) 的叶片提取物在 60 °C 下还原 1 mmol/L $AgNO_3$ 制备的纳米银对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和铜绿假单胞菌的抑菌圈直径分别为 7.7、16、9 mm;Miri 等^[24]利用牧豆树 (*Prosopis farcta*) 的叶片提取液和 1 mmol/L $AgNO_3$ 生物合成纳米银,其对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和铜绿假单胞菌的抑菌圈直径分别为 9.5、9.5、9、9.5 mm。利用姜提取物和同样浓度的 $AgNO_3$ (1 mmol/L) 制备了纳米银,抑菌实验结果表明,合成的纳米银对多数同类病原菌的抑菌效果更为显著。



左侧:生理盐水;右侧:纳米银

图 4 姜合成纳米银对 8 种病原菌的抑菌效果

Fig. 4 Antibacterial activity of biosynthesized AgNPs against 8 pathogens

表 1 姜合成纳米银对 8 种病原菌的抑菌圈直径 ($n=3$)

Table 1 Mean zone of inhibition of biosynthesized AgNPs against 8 pathogens ($n=3$)

病原菌	拉丁名	抑菌圈直径/mm
大肠杆菌	<i>Escherichia coli</i>	11.1±0.1
金黄色葡萄球菌	<i>Staphylococcus aureus</i>	12.0±0.7
枯草芽孢杆菌	<i>Bacillus subtilis</i>	12.1±1.0
铜绿假单胞菌	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11.2±1.0
鳃弧菌	<i>Vibrio anguillarum</i>	11.3±0.6
溶藻弧菌	<i>Vibrio alginolyticus</i>	10.4±0.5
副溶血弧菌	<i>Vibrio Parahaemolyticus</i>	11.9±1.0
点状产气单胞菌	<i>Aeromonas punctata</i>	12.5±0.7

2.5.2 最小抑菌浓度 (MIC) 和最小杀菌浓度 (MBC) 的测定 以对合成产物较为敏感的金黄色葡萄球

菌为指示菌,采用二倍稀释法测定该纳米银溶液的最小抑菌浓度和最小杀菌浓度,结果见表2。当纳米银的质量浓度达到 25.7 $\mu\text{g/mL}$ 以上时,试管 1 和 2 中溶液澄清,无细菌扩增现象,故纳米银颗粒对金黄色葡萄球菌的最小抑菌质量浓度为 25.7 $\mu\text{g/mL}$ 。而用试管 1 中的溶液涂布的培养平板上无菌落生长,说明该溶液中的金黄色葡萄球菌完全被杀死,故纳米银颗粒对金黄色葡萄球菌的最小杀菌质量浓度为 51.4 $\mu\text{g/mL}$ 。

表 2 姜合成纳米银对金黄色葡萄球菌最小抑菌浓度和最小杀菌质量浓度的测定

Table 2 MIC and MBC tests of biosynthesized AgNPs against *S. aureus*

试管编号	纳米银质量浓度/($\mu\text{g/mL}$)	24 h	48 h
1	51.4	—	—
2	25.7	—	+
3	12.9	+	+
4	6.5	+	+
5	3.3	+	+
6	1.6	+	+
7	0.8	+	+
8	0.4	+	+
阴性对照组		—	—
阳性对照组		+	+

注:“—”表示无菌生长;“+”表示有菌生长。

2.5.3 抑菌动力学试验 细菌培养液的吸光度值可以反映培养液中细菌的增殖速度,我们以金黄色葡萄球菌为指示菌,检测姜提取物合成纳米银对其生长的抑制作用。由图 5 可以看出,加生理盐水对照组中的菌液随着培养时间的延长,OD₆₀₀ 不断增长;而 10 $\mu\text{g/mL}$ 和 20 $\mu\text{g/mL}$ 的纳米银处理组的 OD₆₀₀ 值随时间不发生明显改变,说明姜合成纳米银使金黄色葡萄球菌的生长完全受到了抑制。

2.6 姜合成纳米银的稳定性研究

长期稳定性实验表明,利用姜的提取液生物制备的纳米银在低温避光条件下保存 3 个月无明显颜色变化,无团聚沉淀现象发生。

热稳定性实验表明,姜合成纳米银具有较好的热稳定性,经 40、60、80、100 $^{\circ}\text{C}$ 加热处理 1 h 后对金黄色葡萄球菌进行抑菌圈实验,仍对供试病原菌具有明显的抑菌活性,见图 6。其中 40 $^{\circ}\text{C}$ 处理组的抑菌圈最大,然后随着处理温度的升高抑菌圈逐渐下

降。对于该现象,郭彤等^[25]解释为温度升高使分子热运动加剧,从而增强了细菌与纳米颗粒间的相互作用,所以 40 $^{\circ}\text{C}$ 处理组较常温组的杀菌效果有明显提高,但温度进一步升高会使纳米银粒子发生团聚,影响了 Ag^+ 从 AgNPs 中解离的释放,故而降低了杀菌效果。

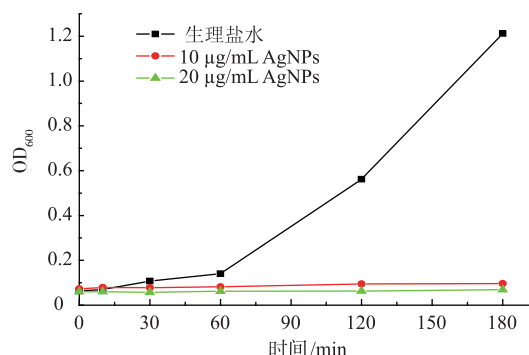
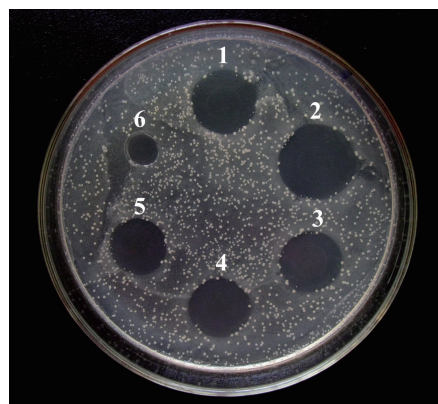


图 5 不同质量浓度的姜合成纳米银作用下金黄色葡萄球菌的生长曲线

Fig. 5 Growth curve of *S. aureus* treated with different concentrations of biosynthesized AgNPs

上述稳定性实验表明,姜提取物在制备纳米银的过程中除了能作为还原剂还原银离子外,提取物中含有的生物碱、类固醇、黄酮类化合物、醌类化合物等活性成分以及氨基酸、蛋白质等物质还可以起到稳定剂的作用。这些化合物能够通过氨基和羧基结合到纳米银的表面,在纳米银表面形成保护层,防止团聚的发生,从而增加了纳米银的稳定性^[26]。



1:常温;2:40 $^{\circ}\text{C}$ 处理;3:60 $^{\circ}\text{C}$ 处理;4:80 $^{\circ}\text{C}$ 处理;5:100 $^{\circ}\text{C}$ 处理;6:姜姜提取物液

图 6 不同温度处理的生物合成纳米银对鳗弧菌的抑菌效果
Fig. 6 Antibacterial effect of biosynthesized AgNPs treated with different temperature

3 结 语

采用生物材料合成纳米银是一种绿色环保的优良方法。作者以姜提取液作为还原剂和稳定剂成功制备了纳米银抑菌材料,该方法简便、快捷、环保,制备的纳米银为球形粒子,大小均匀,多数粒径在 15 nm 左右,在溶液中呈良好的分散状态,并具有很好的稳定性。利用制备的纳米银粒径小、比表

面积大的特点,进一步用于对病原菌抑菌活性的检测,体外抑菌结果表明,我们制备的纳米银对 8 种典型病原菌均有显著的抑菌效果。实验结果表明,姜提取物中含有的生物活性成分不仅能够提高纳米银的抑菌效果,而且还能发挥稳定剂的作用,防止制备的纳米银发生团聚,采用姜提取物制备的纳米银性能优异。该研究为姜资源的开发利用以及新型纳米银的制备提供了理论依据。

参考文献:

- [1] JONES S A, BOWLER P G, WALKER M, et al. Controlling wound bioburden with a novel silver-containing hydrofiber dressing [J]. **Wound Repair Regen**, 2004, 12(3): 288-294.
- [2] GONG P, LI H, HE X, et al. Preparation and antibacterial activity of Fe₃O₄@Ag nanoparticles [J]. **Nanotechnology**, 2007, 18(28): 604-611.
- [3] CASTELLANO J J, SHAFII S M, KO F, et al. Comparative evaluation of silver-containing antimicrobial dressings and drugs [J]. **Int Wound J**, 2007, 4(2): 114-122.
- [4] BELLINGER C G, CONWAY H. Effects of silver nitrate and sulfamylon on epithelial regeneration [J]. **Plast Reconstr Surg**, 1970, 45(6): 582-585.
- [5] SLAWSON R M, LEE H, TREVORS J T. Bacterial interactions with silver [J]. **Biolmetals**, 1990, 3(3): 151-154.
- [6] LI Xinlin, 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)
- [7] LI Xinlin, 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)
- [8] BAR H, BHUI D K, SAHOO G P, et al. Green synthesis of silver nanoparticles using latex of *Jatropha curcas* [J]. **Colloid Surf A**, 2009, 339: 134-139.
- [9] PARAK W J, GERION D, PELLEGRINO T, et al. Biological applications of colloidal nanocrystals [J]. **Nanotechnology**, 2003, 14(7): 15-27.
- [10] KHALIL K A, FOUAD H, ELSARNAGAWY T, et al. Preparation and characterization of electrospun PLGA/silver composite nanofibers for biomedical applications [J]. **Int J Electrochem Sci**, 2013, 8: 3483-3493.
- [11] MORONES J R, ELECHIGUERRA J L, CAMACHO A, et al. The bactericidal effect of silver nanoparticles [J]. **Nanotechnology**, 2005, 16(10): 2346-53.
- [12] KIM J S, KUK E, YU K N, et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles [J]. **Nanomed Nanotechnol Biol Med**, 2007, 3(1): 95-101.
- [13] ANDERSSON M, PEDERSEN J S, PALMQVIST A C. Silver nanoparticle formation in microemulsions acting both as template and reducing agent [J]. **Langmuir**, 2005, 21(24): 11387-11396.
- [14] KHANDELWAL N, SINGH A, JAIN D, et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Argemone mexicana* leaf extract and evaluation of their antimicrobial activities [J]. **Dig J Nanomater Biostruct**, 2010, 5(2): 483-489.
- [15] VIJAY Kumar P P N, PAMMI S V N, KOLLU P, et al. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Boerhaavia diffusa* plant extract and their anti-bacterial activity [J]. **Industrial Crops and Products**, 2014, 52(46): 562-566.
- [16] LI Jiaqi, ZHENG Yinan, WANG Kun, et al. Study on antioxidant and bacteriostasis activity of ethanol extract of ginger products [J]. **Natural Product Research and Development**, 2015, 27(3): 480-484 (in Chinese)
- [17] GRZANNA R, LINDMARK L, FRONDOZA, C G. Ginger: an herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions [J]. **J Med Food**, 2005, 8: 125-132.
- [18] BUTT M S, SULTAN M T. Ginger and its health claims: molecular aspects [J]. **Crit Rev Food Sci Nutr**, 2011, 51: 383-393.
- [19] KELMAN D, KASHMAN Y, ROSENBERG E, et al. Antimicrobial activity of the reef sponge *Amphimedon viridis* from the Red

- Sea:evidence for selective toxicity[J]. *Aquat Microb Ecol*,2001,24:9-16.
- [20] SADEGHI B,GHOLAMHOSEINPOOR F. A study on the stability and green synthesis of silver nanoparticles using *Ziziphora tenuior* (Zt) extract at room temperature[J]. *Spectrochimica Acta Part A:Molecular and Biomolecular Spectroscopy*,2015,134:310-315.
- [21] MIGNOT T,DENIS B,COUTURE T E,et al. Distribution of S-layers on the surface of *Bacillus cereus* strains;phylogenetic origin and ecological pressure[J]. *Environmental Microbiology*,2001,3(8):493-501.
- [22] KAVIYA S,SANTHANALAKSHMI J,VISWANATHAN B,et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using citrus sinensis peel extract and its antibacterial activity[J]. *Spectrochimica Acta Part A:Molecular and Biomolecular Spectroscopy*,2011,79(3):594-598.
- [23] KAVIYA S,SANTHANALAKSHMI J,VISWANATHAN B. Green synthesis of silver nanoparticles using *Polyalthia longifolia* leaf extract along with D-sorbitol:study of antibacterial activity[J]. *J Nanotechnol*,2011,2011:1-5.
- [24] MIRI A,SARANI M,REZAADE Bazaz M,et al. Plant-mediated biosynthesis of silver nanoparticles using *Prosopis farcta* extract and its antibacterial properties[J]. *Spectrochimica Acta Part A:Molecular and Biomolecular Spectroscopy*,2015,141:287-91.
- [25] GUO Tong,XU Zirong. Antibacterial effect of copper-montmorillonite on oral bacteria under anaerobic conditions[J]. *Chinese Journal of Biomedical Engineering*,2004,23(3):259-264.(in Chinese)
- [26] VELMURUGAN P,ANBALAGAN K,MANOSATHYADEVAN M,et al. Green synthesis of silver and gold nanoparticles using *Zingiber officinale* root extract and antibacterial activity of silver nanoparticles against food pathogens[J]. *Bioprocess Biosyst Eng*,2014,37(10):1935-43.

会 议 消 息

会议名称(中文):第六届全国微纳尺度生物分离分析学术会议

会议名称(英文):The Sixth National Symposium on Micro/NanoScale Bioseparations and Bioanalysis

所属学科:分析化学,物理化学,高分子化学与物理,生物物理学、生物化学及分子生物学,生物技术与生物工程

开始日期:2017-09-22

结束日期:2017-09-25

所在城市:辽宁省 沈阳市

主办单位:中国化学会

承办单位:东北大学

摘要截稿日期:2017-07-31

联系电话:024-83687659

E-MAIL:microtas2017@mail.neu.edu.cn

会议网站:<http://www.dbdxhxg.cn/>

会议背景介绍: The conference will be conjugated with two domestic national meetings (The Eleventh National Conference on Micro Total Analysis System/ The Sixth National Symposium on Micro/NanoScale Bioseparations and Bioanalysis). More than four hundred participants will come to this conference and share their latest research advancements in the areas of microfluidics, micro total analysis system and micro/nanoscale bioseparations and bioanalysis, and their application in chemistry, biology, medicine, environment, pharmacology and food safety etc. The symposium will consist of a number of plenary/invited lectures and oral or poster presentations. Welcome to Shenyang in golden autumn, 2017.