

금속 은(銀)으로 제조한 Ag⁺ 용액의 항균효과와 안정성

¹강 환 열 · 정 명 주 · †정 영 기
동의대학교 미생물학과, ¹아마란스 화장품
(접수 : 2000. 9. 6., 게재승인 : 2000. 10. 9.)

Antibacterial Activity and the Stability of an Ag⁺ Solution made using metallic Silver

Hwan-Yul Kang¹, Myung-Ju Jung, and Yong-Kee Jeong[†]
Dept. of Microbiology, Dong-Eui University, Pusan 614-714, Korea
Amaranth Cosmetics, 342-18, Samnak Dong, Sasang Gu, Pusan 617-070, Korea
(Received : 2000. 9. 6., Accepted : 2000. 10. 9.)

An Ag⁺ solution was made by supplying pure metal silver in filtrated distilled at constant voltage. The solution at an Ag⁺ concentration of 10 ppm showed specific activity against Gram positive and negative bacteria, and more than 90% activity against *Candida albicans* ATCC 102321 at the same concentration. The ionic solution produced was stable with regard to antibacterial activity and an Ag⁺ Concentration in the temperature range of 4°C ~37°C for more than 4 weeks. In addition, the no pH change was observed under there conditions and the solution was confirmed stable by adjusting pH from 5.5 to 6.5.

Key Words : Ag⁺ solution, antibacterial activity, silver solution,

서 론

금속의 종류에 따라 항균력이 뛰어난 효과가 있다는 사실은 많이 알려져 있으나 일부 금속은 독성의 부작용 때문에 사용이 금지되고 있다(1). 그 중에서 은(銀)은 옛부터 건강에 좋은 귀금속이라 하여 식기나 수저 등 생활용품으로 많이 사용되어 왔다. 그리고 고대 로마, 그리스에서는 은 식기에 음식을 보관하면 오랫동안 음식이 상하지 않는다는 설이 있어 금속을 식생활도구로 많이 사용한 것으로 전해지고 있다. 이러한 이론을 바탕으로 하여 Berger 등은 은을 포함한 여러 금속이온의 항균활성을 비교하여 보고한 바 있다(2-4). 실제로 최근 저자 등의 실험에 의하여 순수한 은을 그람 양성 및 음성 세균이 도말된 plate 위에 없었을 때 명확한 생육저지대를 관찰할 수 있었다(5). 이와 같은 은의 미생물체 파괴에 대하여 Davies 등은 은이 산화를 촉매하는 작용을 하기 때문이라는 설을 보고한 바 있다(6). 나아가 이와 비슷한 주장을 하는 학자들에 의하여 금속 은은 공기 중의 산소를 끌어들이며 표면에서 잘 흡착되기 때문에 은의 산화 촉매력이 강화된다

고 강조하고 있다(7,8).

이러한 이론들을 바탕으로 순수한 은을 전기적으로 이온화하여 Ag⁺용액을 제조할 경우 항균효과와 안정성이 보장된다면 의약, 식품산업 등 여러 분야에서 응용 가능할 것으로 사료된다. 본 논문에서는 금속 은으로부터 전기적 방법을 가하여 Ag⁺용액을 제조한 후 이 용액의 항균효과와 더불어 그 안정성을 검토하였다.

재료 및 방법

은이온 용액의 제조

Figure 1에서와 같이 220 ml 용적의 갈색 유리컵에 초순수 증류수를 넣고 99.99% 순도의 순은으로 만든 은 봉을 증류수에 잠기게 설치한다. 이 은 봉에 일정 전류와 전압 (12 v 건전지 3개 사용)을 통하게 건전지의 양극과 음극을 각각 연결한다. 여기에 전류를 통하게 되면 은이온 (Ag⁺)이 방출되어 증류수에 축적된다. 이때 은 봉사이의 간격은 2 cm, 은 봉의 무게는 3.73 g, 폭은 0.4 cm였다. 용액 중에 방출되는 Ag⁺의 농도는 시판 AgNO₃를 표준물질로 하여 ICPS-7500(Inductively Coupled Plasma Atomic Spectrophotometer, Shimazu Co.)에 의하여 측정하였다.

검정균주 및 배양

검정균은 Gram 양성균으로 *Bacillus subtilis* IFO 3007, *Staph-*

†Corresponding Author : Department of Microbiology, Dong-Eui University, Pusan 614-714, Korea
Tel : +82-51-890-1534, Fax : +82-51-894-0840
E-mail : ykjeong@hyomin.dongui.ac.kr

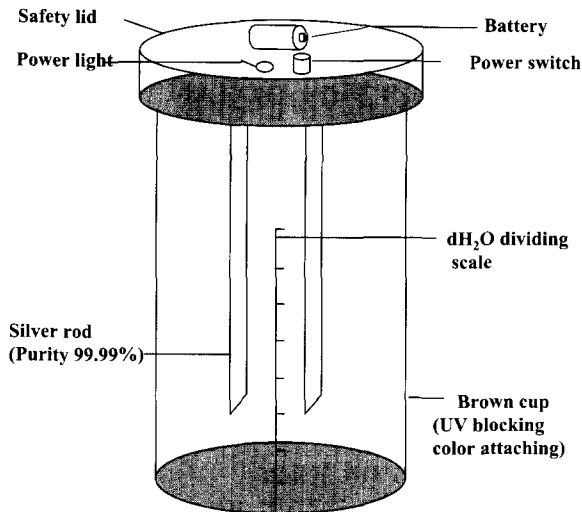


Figure 1. Model of Ag⁺ solution maker.

Staphylococcus aureus JCM 2413과 Gram 음성균으로 *Escherichia coli* A-19, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15522을 사용했으며 효모는 *Candida albicans* ATCC 10231로 검정하였다. Gram 양성, 음성 세균은 LB배지(yeast extract 1%, pepton 2%, dextrose 2%)를 사용하였다. 배양은 세균은 37°C의 교반배양기(200 rpm)에서 시간별로 생육정도를 비교하여 시행했으며 효모는 30°C에서 세균과 같은 방식으로 진탕배양하였다.

항균활성의 검정

상기에 언급한 각 배지를 대시험관에 5 ml씩 분주하여 미리 전배양한 각 검정균을 2% 접종하였다. 그리고 Ag⁺를 각각의 농도가 되게 맞추어 넣었으며 상기의 조건으로 진탕배양하여 균의 생육정도를 경시변화에 따라 체크하였다. 대조군(control)으로는 Ag⁺용액을 첨가하지 않은 배지에서의 생육정도로 설정하여 비교하였다. 검정균의 생육정도는 660 nm에서 흡광도(shimazu UV-1601 pc)를 측정된 값으로 나타내었다.

시 약

표준 용액으로 사용한 AgNO₃는 일본 Junsei Chemical Co.의 제품(Ag⁺1000 ppm)을 사용했으며 고농도 Ag⁺ 콜로이드 용액은 삼기 산업(한국)에서 생산되는 Ag⁺농도 100 ppm을 사용하였다. 그 외에 배지와 일반시약은 Sigma제품을 사용하였다.

결과 및 고찰

은 이온용액의 제조

먼저 Ag⁺를 생산하는데 사용할 재료인 순은 봉을 잘라 이 금속조각은 Gram 양성 및 음성균을 대표 검정균으로 하여 *B. subtilis* IFO 3007과 *E. coli* A-19 균주를 도말한 한천 plate 위에 올려 그 항균성을 확인하였다. Figure 2에서 보는 바와 같이 금속銀 조각은 모든 세균에서 뚜렷한 생육저지 환을 형성하였다. 이 결과는 이전에 저자 등이 보고한 결과와 동일 한 것을 확인할 수 있었다(5). 또한 Figure 1과 같은 전

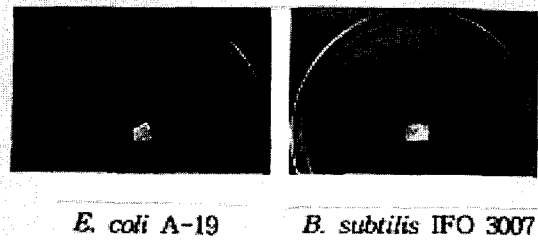


Figure 2. Antibacterial effect of silver on Gram positive and negative bacteria.

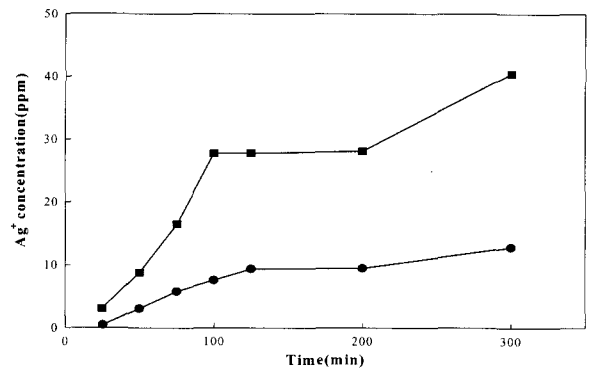


Figure 3. Time profiles of Ag⁺ solution by Ag⁺ solution maker.

—●—, Room temp. ; —■—, 40°C

기적 장치에 의하여 순수한 은 봉으로부터 Ag⁺이 용액 중으로 유리되어 시간에 따라 Ag⁺의 양이 증가하는 것을 확인하였다. 실온에서 용액중의 Ag⁺의 양은 120분까지 약 10 ppm에 달했으며 그 이후 300분까지는 그 증가폭이 약하여 약 13 ppm까지 밖에 증가하지 않았다(Figure 3). 그러나 용액의 온도를 40°C로 증가시켰을 경우는 실온의 약 3~4배로 증가함을 알았다. 즉, 40°C에서는 100분까지 거의 급격한 증가폭을 보이면서 약 30 ppm까지, 300분이 경과하면서 약 40 ppm에 달하였다(Figure 3). 이렇게 Ag⁺이 용액 중으로 유리된과 함께 은 봉은 서서히 소멸되는 현상을 보였다.

은 용액에 의한 항균효과

Figure 4와 Figure 5의 결과에서 보이는 바와 같이 Gram 양성, 음성세균은 Ag⁺ 10 ppm의 농도에서부터 완벽하게 생육을 저지하는 것을 알 수 있었다. 24시간까지 배양을 계속하여도 세균의 생육은 관찰되지 않아 완벽한 항균효과를 확인할 수 있었다. 한편, 진핵미생물인 효모 *Candida albicans* ATCC 10231의 경우, Ag⁺ 10 ppm에서는 배양 12시간까지는 생육이 저지되었으나 그 이후부터 서서히 생육활성을 보였다. 배양 15시간 이후는 생육 증가를 보였으나 Ag⁺를 첨가하지 않은 control과 비교할 때 95% 이상의 생육 억제 효과를 나타내었다. 그러나 20 ppm의 농도에서는 완벽한 항균효과를 보였다(Figure 6). 이 결과는 Ag⁺용액은 원핵세포에 대해서는 낮은 농도에서도 생육저지효과를 보이나, 진핵미생물에 대한 항균효과에 있어서는 약간 더 높은 농도를 요구한다는 것을

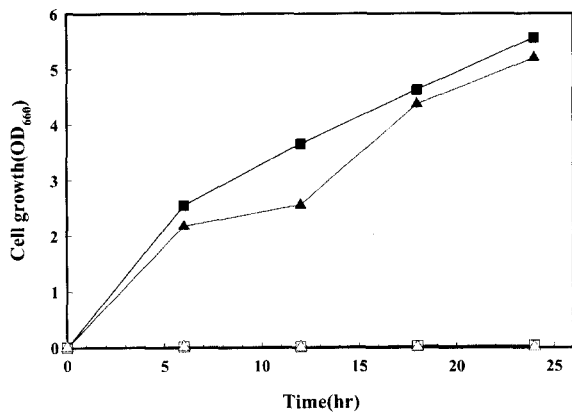


Figure 4. Antibacterial effect of constructed silver solution. —■—, *S. aureus* (control); —□—, *S. aureus* (Ag⁺ 10ppm); —▲—, *B. subtilis* (control); —△—, *B. subtilis* (Ag⁺ 10ppm)

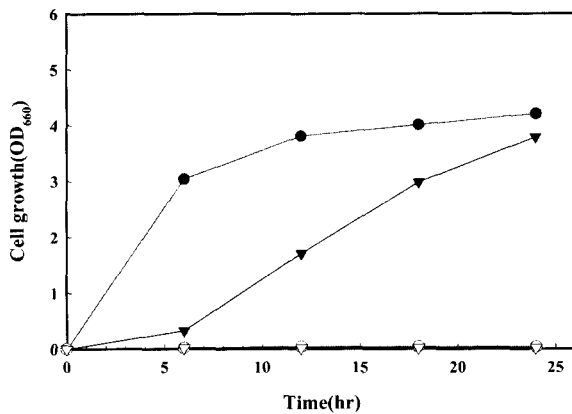


Figure 5. Antibacterial effect of constructed silver solution. —●—, *E. coli* (control); —○—, *E. coli* (Ag⁺ 10ppm); —▼—, *P. aeruginosa* (control); —▽—, *P. aeruginosa* (Ag⁺ 10ppm)

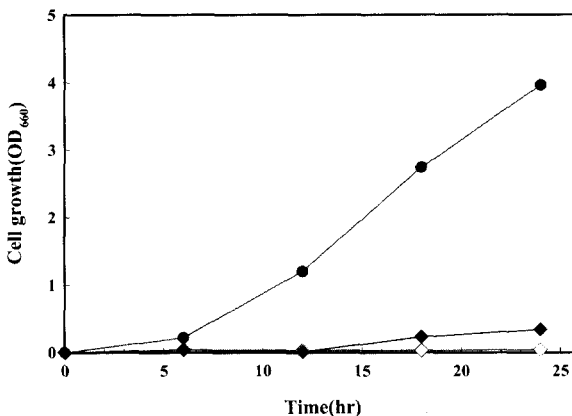


Figure 6. Antibacterial effect of constructed silver solution. —●—, *C. albicans* (control); —◇—, *C. albicans* (Ag⁺ 10ppm); —◆—, *C. albicans* (Ag⁺ 20ppm)

시사하고 있다. 그리고 분석표준액으로 사용한 AgNO₃ 용액과 은 봉으로부터 제조된 Ag⁺ 용액과의 항균효과를 비교한 결과 Figure 7에서 보이는 바와 같이 검정균 *P. aeruginosa* ATCC 1522와 *C. albicans* ATCC 10231의 경우는 거의 같은 효과를

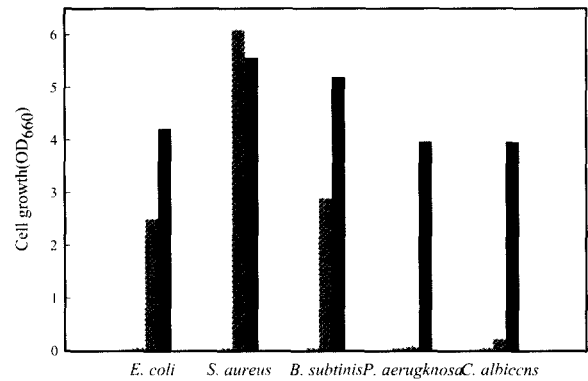


Figure 7. Comparison of the antibacterial effects of constructed silver solution and marketing AgNO₃ solution. —■—, Control; —▨—, AgNO₃; —▩—, Colloid silver (10ppm)

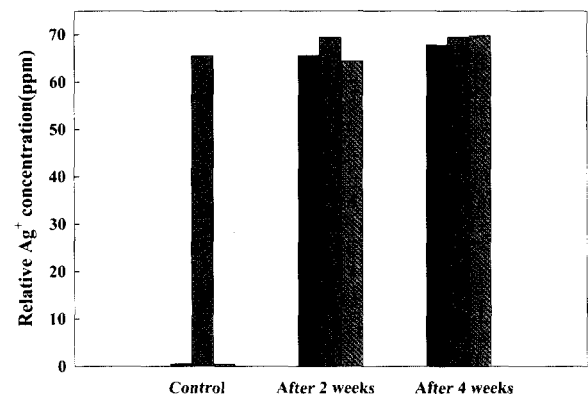


Figure 8. Stability of constructed silver solution. —■—, 4°C; —▨—, 20°C; —▩—, 37°C

보였다. 그러나 그 외의 균에 대해서는 Ag⁺ 용액이 월등히 높은 항균력을 확인할 수 있었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 은의 염용액보다 순수 금속에서 전기적으로 이온화된 Ag⁺ colloid 용액이 높은 살균력을 가질 수 있다는 것을 시사한다고 사료된다.

제조 Ag⁺ 용액의 안정성

제조한 Ag⁺ 용액을 보관 온도 4°C, 20°C, 37°C에서 2주일, 4주일 동안 방치한 후 Ag⁺ 농도를 측정하여 용액 중 Ag⁺의 변화를 확인하였다. 이전에 실험을 통하여 용액 중의 Ag⁺의 농도에 따라 항균활성이 비례하는 결과 (data 생략)를 얻었으므로 Ag⁺ 농도 변화가 곧 항균활성의 변화로 표기될 수 있을 것이다. 그 결과는 Figure 8에서 보이는 바와 같이 용액 제조 직후의 control에 비하여 Ag⁺의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. pH의 변화도 pH 5.5~pH 6.5 사이에서 큰 변화가 없는 것으로 확인되었다 (data 생략). 그러므로 은 봉으로부터 전기적 분해 방법으로 생성된 Ag⁺ 용액은 항균 효과가 뛰어나고 동시에 각 온도별로 장시간 보관에 의한 안전성이 확인되어 의약, 식품 등에 응용 가능할 것으로 사료된다.

요 약

순수 증류수 속에서 순수한 금속은에 일정한 전류를 통하

게 하여 Ag^+ 용액을 만들 수 있었다. 이 이온 용액은 10 ppm Ag^+ 농도에서부터 Gram 양성, 음성세균에서는 상당한 항균활성을 보였으며, 같은 농도에서 효모 *Candida albicans* ATCC 102321에 대해서도 90% 이상의 높은 항균 활성을 나타내었다. 제조된 Ag^+ 용액은 $4^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$ 의 온도에서 4주간 보관하여도 항균활성과 Ag^+ 의 농도에는 전혀 변화가 없었다. 그리고 같은 조건에서 pH 변화도 없었으며, pH 5.5~pH 6.5를 유지함으로써 이 Ag^+ 용액은 안정성이 높은 것으로 사료된다.

감 사

본 연구는 1999년도 산학컨소시엄사업의 지원에 의하여 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Avakyan, Z. A. (1967), Comparative toxicity of heavy metals for certain microorganisms, *Microbiology*, **36**, 366-369.
2. Barranco, S. D., T. A. Spadaro, T. J. Berger, and R. O. Becker (1974), In vitro effect of weak direct current on *Staphylococcus aureus*, *Uin. Orthop. Relat. Res.*, **100**, 250-255.
3. Berger, T. J., J. A. Spadaro, S. E. Chapin, and R. P. Becker (1976), Electrically generated silver ions: quantitative effects on bacterial and mammalian cells. *Antimicrob. Agents Chemother.*, **7**, 357-358.
4. T. J. Wlodkowski and H. S. Rosenkranz (1973), Antifungal activity of silver sulfadiazine, *Lancet*, 739-740.
5. Jeong, Y. K., Y. J. Shin, and, H. Back (1998), Antibacterial effect of silver-coated toothbrush, *J. Korean Acad. Dent. Health*, **22**, 347-355.
6. Outlaw, R. A. and M. R. Davidson (1994), Small ultra-high vacuum compatible hyperthermal oxygen atom generator, *Vacuum Science and technology A12*.
7. Wachs, I. E. and R. J. Madix (1978), The oxidation of methanol on a silver catalyst, *Surf. Sci.* **76**, 531-538.
8. Eberhart, M. E., M. J. Donovan, and R. A. Outlaw (1978), Abindio calculations of oxygen diffusivity in group IB transition metals, *Phys. Rev.*, **46**, 744-752.
1. Avakyan, Z. A. (1967), Comparative toxicity of heavy metals