

근적외선을 처리한 생활용품의 항균 효과

박경화 · 박유미 · 설경조 · 김사열*
경북대학교 미생물학과

The Indirect Effects of the Near Infra-Red Light-Treated Materials on Microbial Growth. Park, Kyoung-Hwa, Yu-Mi Park, Keyung-Jo Seul, and Sa-Youl Ghim*. Department of Microbiology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea – Stimulatory effects of near infra-red (NIR) rays radiation have been studied within the limits of photosynthesis, phototaxis, and photodermatology. While most of these studies have been done by direct NIR radiation, we investigated the effects of the NIR rays-treated materials on microbial growth. NIR in wavelength of 1,400~1,700 nm was applied for different kind of materials. Under fast growing conditions in rich media, materials treated with the NIR rays or not did not show any differences in growth of microorganisms. However, under slow growing conditions in minimal media, data showed that NIR rays-treated cloths and hygienic bands affect negatively on the growth of bacteria (*Salmonella enteritidis*) and fungi (*Candida albicans*). In addition, it was estimated that the effect of NIR rays on bacterial growth is kept going on *S. enteritidis*.

Key words: NIR (near infra-red), antimicrobial ability, living necessities

특정 조직이나 물질에 특정한 파장 영역의 빛을 처리했을 때 나타나는 긍정적인 효과에 대해서 많은 연구들이 이루어져 왔다. 최근의 예로 왕겨 추출물을 유류에 처리했을 때 나타나는 항산화 능력이 원적외선을 처리한 왕겨 추출물을 처리했을 때는 더욱 향상된다는 보고가 있다[11].

193 nm의 자외선[5], 여러 파장의 가시광선과[13] 10,600 nm의 원적외선[1]이 살균 작용을 나타낸다는 사실은 이미 잘 알려져 있다. 적외선보다 낮은 파장 범위에 해당하는 근적외선(750~3,000 nm)의 처리도 살균, 멸균 등에 사용되어져 왔다. 근적외선을 처리함으로써 항균 효과를 불러일으킬 수 있다는 최근의 연구 결과들은 위의 적용을 뒷받침해주고 있다. 특히 1,064 nm 파장의 근적외선이 높은 전력의 Nd:YAG 레이저에 의해 발생되어졌을 때 강력한 살균 효과를 나타내는 것으로 밝혀졌다[6, 12].

근적외선은 일반적으로 강한 열작용을 가지고 있고 생체 조직에 대해 높은 침투성을 지님으로 인해 공업용이나 의료용으로 많이 이용되고 있다. 특히 근적외선의 처리는 관절과 근육의 치료에 유용하다고 알려져 있으며, 임상학적으로 여러 종류의 신체적 고통을 감소시키는 역할을 하는데, 이를 유도하는 기본적인 메커니즘에 대해서는 아직 명확히 밝혀지지 않았다[10].

현재까지의 근적외선의 처리 효과에 대한 연구들은 시료에 근적외선을 직접 처리하여 수행되었으나[7, 8, 10], 이 연

구에서는 1,400~1,700 nm 범위의 근적외선을 처리한 생활용품들이 가지는 간접적인 항균 효과에 대해서 입증해 보고자 하였다.

항균 효과의 검증을 위해 행주, 여성내의, 남성내의, 칫솔, 생리대를 삼원색 파장 혼합 방식으로 1,400~1,700 nm 범위의 근적외선을 발산하는 공진환경조성기(EchowaveTech., Korea) 내로 통과시켜 근적외선에 10분 정도 노출시켰다. 그리고 낮은 전력의 근적외선이 발산되는 양생실 내에 8시간 이상 보관한 후 실험의 재료로 사용하였다. 각 시료들을 잘게 잘라 조각낸 뒤 미생물을 접종한 배지와 함께 플라스크에 넣어 실험을 수행하였다.

근적외선을 처리한 플라스크와 행주의 *Salmonella enteritidis* ATCC 13076에 대한 항균 효과, 근적외선을 처리한 여성내의의 *Candida albicans* TIMM 1768에 대한 항진균 효과에 대한 실험이 균의 생장을 위한 풍부한 영양 조건 하에서 수행되었다.

*S. enteritidis*를 풍부한 영양 조건 하에서 생장시키기 위한 영양배지로서 LB(Luria-Bertani) 배지[2]를 사용하였으며, *C. albicans*의 배양을 위한 영양배지로서는 YPD 배지[3]를 사용하였다.

근적외선을 처리한 플라스크를 가지고 진행한 실험에 있어서, 근적외선을 처리한 플라스크와 처리하지 않은 플라스크에 *S. enteritidis*가 접종된 LB 액체배지를 각각 30 ml씩 분주한 후, 37°C, 180 rpm의 환경에서 배양시키며 배양 시간별로 600 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 근적외선을 처리한 행주에 대한 실험에서는, 근적외선을 처리한 행주 조각을 1 g씩 넣은 플라스크에 같은 방법으로 균을 분주

*Corresponding author

Tel: 82-53-950-5374, Fax: 82-53-955-5522

E-mail: ghimsa@mail.knu.ac.kr

하고 배양시키며 흡광도를 측정하였다. 또한 근적외선을 처리한 여성내의에 대한 실험에 있어서는, 근적외선을 처리한 여성내의 조각을 1 g씩 넣은 플라스크에 *C. albicans*가 접종된 YPD 액체배지를 30 ml씩 분주하고, 25°C, 140 rpm의 환경에서 배양시키며 580 nm에서 흡광도를 측정하였다.

그러나 세 경우 모두에 있어서, 근적외선을 처리한 그룹과 처리하지 않은 그룹에서의 균의 생장이 미미한 차이를 보였다(data not shown). 따라서 우리는 일상생활에서 사용하는 내의나 기타 생활용품들이 미생물의 생장에 있어서 최적의 환경을 제공하지는 않는다는 점을 떠올려, 이 연구에 있어서도 미생물의 생장을 위한 풍부한 영양을 제공하는 조건 하에서 실험을 진행하는 것은 적합하지 않다는 결론을 내렸다.

*C. albicans*의 성장 속도를 지연시키기 위한 환경을 조성하기 위해서 최소배지인 SD 배지[0.67% Yeast Nitrogen Base w/o Amino Acids(Difco, USA), 2% Dextrose]를 사용하였다. 근적외선을 처리한 남성내의 조각과 처리하지 않은 남성내의 조각을 각각 3 g씩 넣은 플라스크들에 *C. albicans*를 접종한 SD 액체배지를 30 ml씩 분주하여 25°C에서 정치배양하였다. 배양 시간별로 채취한 배양액을 10⁵ 배로 희석하여 YPD 한천배지에 도말한 후, 25°C에서 이틀간 배양하였다. 그리고 각각의 한천배지에 생성된 균집들을 계수함으로써 colony forming unit을 측정하였다.

그에 따른 결과를 Fig. 1과 같이 나타내었다. 이 결과에서 내의에 근적외선을 처리한 그룹(T)에서의 균의 생장은 처리하지 않은 그룹(NT)과 비교해서 최대 22% 정도의 저해 효과를 나타냈다는 사실을 알 수 있었다.

그리고 근적외선을 처리한 생리대를 사용한 실험에 있어서는, 동일한 방법으로 *C. albicans*를 정치배양한 후 배양 시간별로 580 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그 결과를 Fig. 2에 나타내었으며, 역시 생리대에 근적외선을 처리한 그룹(T)에서 균의 생장이 저해되었음을 알 수 있었다.

*S. enteritidis*를 위한 최소배지로는 AB 배지[4]에 0.2% glucose, 0.2% vitamin-free casamino acid, thiamine(1 µg/

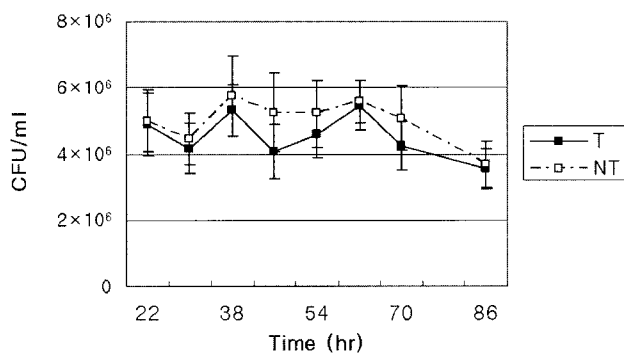


Fig. 1. Growth of *Candida albicans* TIMM 1768 with pieces of man underwear treated with the NIR rays in minimal medium. Growth of *C. albicans* with thing treated with the NIR rays, T (■); not treated, NT (□).

ml), tryptophan(40 µg/ml), uracil(20 µg/ml)을 부과하여 사용하였다. AB 액체배지에 접종된 *S. enteritidis* 균주를 근적외선을 처리한 남성내의나 행주의 조각 3 g씩과 함께 플라스크에 30 ml씩 분주하여 25°C에서 배양하였다. 배양한 균주를 시간별로 600 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 근적외선 처리하지 않은 시료와 배양시켜 측정된 흡광도와 비교하였다.

그에 따라 *S. enteritidis*의 생장에 근적외선을 처리한 남성내의가 미치는 영향에 대해서 Fig. 3와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과에서 내의에 근적외선을 처리한 그룹(T)에서의 균의 생장은 뚜렷한 저해 효과를 나타내었으며, 이것은 근적외선을 처리한 생활용품이 항균 효과를 가진다는 가설에 대한 근거로서 제시될 수 있다.

위의 실험을 진행함과 동시에, 시료에 근적외선을 처리한 그룹(T)과 처리하지 않은 그룹(NT)에서의 균의 외형적인 표면의 변화를 주사전자현미경 사진을 찍음으로써 비교 관찰하였다[9]. 그러나, T에서와 NT에서의 균의 표면의 모습은 큰 차이를 보이지 않았다(data not shown). 따라서 우리는 근적외선이 처리된 시료가 균의 외형적인 변화에는 영향을 미치지 않았다는 것을 알 수 있었다.

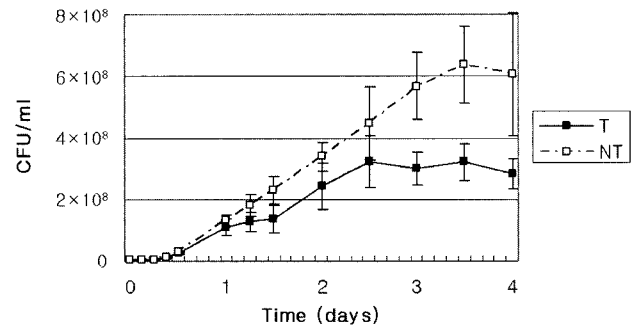


Fig. 2. Growth of *Candida albicans* TIMM 1768 with hygienic band treated with the NIR rays in minimal medium. Growth of *C. albicans* with thing treated with the NIR rays, T (■); not treated, NT (□).

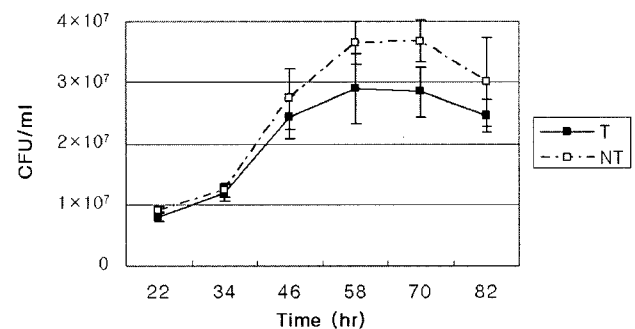


Fig. 3. Growth of *Salmonella enteritidis* ATCC 13076 with pieces of man underwear treated with the NIR rays in minimal medium. Growth of *S. enteritidis* with thing treated with the NIR rays, T (■); not treated, NT (□).

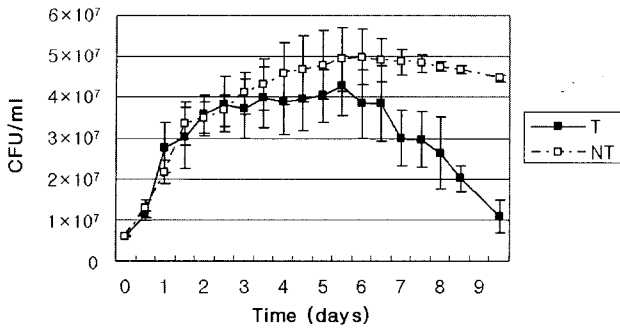


Fig. 4. Duration of effect on growth of *Salmonella enteritidis* ATCC 13076 with pieces of man underwear treated with the NIR rays. Growth of *S. enteritidis* with thing treated with the NIR rays, T (■); not treated, NT (□).

근적외선을 처리한 행주가 *S. enteritidis*의 성장에 미치는 영향에 대한 실험도 수행하였다. 행주에 근적외선을 처리하지 않은 그룹(NT)에서보다 근적외선을 처리한 그룹(T)에서의 균의 생장이 활발하지 않은 모습을 보였으나, 매우 의미 있는 저해 효과를 나타낸다고 할 수는 없었다(data not shown).

위와 동일한 방법으로 근적외선을 처리한 남성내의의 *S. enteritidis*에 대한 항균 효과에 대한 실험을 진행한 후, 근적외선을 처리한 남성내의에 의해 성장 저해를 받은 정지기 상태의 균을 채취하여 새 AB 배지에 약 0.1 정도의 흡광도로 각각 접종하였다. 그것을 25°C에서 배양시키며 시간별로 흡광도를 측정 후 근적외선을 처리한 남성내의에 의해 성장 저해를 받지 않은 균(NT)의 새 AB 배지에서의 성장과 비교하여 Fig. 4와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

근적외선을 처리한 남성내의에 의해 성장 저해를 받은 균을 새로운 배지에 다시 접종하여 배양시킨 것임에도 불구하고, 시간의 경과에 따라 성장 저해를 받지 않은 균에 비해서 빠른 사멸 속도를 보였다. 따라서, 근적외선을 처리한 남성내의에 의해 *S. enteritidis* 균주가 받은 영향은 균이 다른 환경으로 옮겨진 이후에도 성장에 계속적으로 영향을 미친다는 결론을 얻을 수 있었다.

이외에도, 근적외선을 처리한 칫솔이 충치 원인균인 *Streptococcus mutans* KCTC 3065의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행하였다. *S. mutans*의 성장을 위한 배지로서 BHI(Brain Heart Infusion, Difco, USA) 배지를 사용하였으며, 역시 25°C에서 배양하였다. 그러나 칫솔에 근적외선을 처리한 그룹(T)에서의 *S. mutans*의 생장이 뚜렷한 저해 효과를 나타내지는 않았다(data not shown).

본 실험의 결과를 통해서, 미생물의 성장에 풍부한 영양을 제공하는 영양 배지를 사용했을 때에는 근적외선을 처리한 시료가 항균 효과를 나타내지 않는다는 것을 알 수 있었다. 그러나 미생물의 성장 속도를 지연시키는 최소 배지를 사용한 실험에 있어서는, 시료에 근적외선을 처리한 그룹(T)

에서의 균의 생장은 처리하지 않은 그룹(NT)에서보다 어느 정도 억제되는 것을 볼 수 있었다. 근적외선의 생체에의 적용에서의 마찬가지로[10], 구체적으로 어떠한 메커니즘에 의해서 근적외선을 처리한 시료가 미생물의 성장을 저해하는지는 아직 명확하지 않으며, 앞으로의 추가적인 연구에 의해서 밝혀져야 할 부분이라고 여겨진다.

감사의 글

이 연구는 경북대학교 휴먼팩트연구소의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Adrian, J. and A. Gross. 1979. A new method of sterilization : the CO₂ laser. *J. Oral Pathol.* **8**: 60-61
- Bertani, G. 1951. Studies of lysogenesis. 1. The mode of phage liberation by lysogenic *Escherichia coli*. *J. Bacteriol.* **62**: 290-300.
- Chauhan, N., D. Inglis, E. Roman, J. Pla, D. Li, J. A. Calera, and R. Calderone. 2003. *Candida albicans* response regulator rene SSK1 regulates a subset of genes whose functions are associated with cell wall biosynthesis and adaptation to oxidative stress. *Eukaryot. Cell* **2**: 1018-1024.
- Clark, D. J. and O. Maaloe. 1967. DNA replication and the division cycle in *Escherichia coli*. *J. Mol. Biol.* **23**: 99-112.
- Frucht-Pery, J., M. Mor, R. Evron, A. Lewis, and H. Zauberman. 1993. The effect of the ArF excimer laser on *Candida albicans* in vitro. *Graefes Arch. Clin. Ophthalmol.* **231**: 413-415.
- Gronqvist, A., J. Wistrom, O. Axner, and T. J. Monsen. 2000. Bactericidal effect of pulsed 1,064 nm Nd:YAG laser light on *Staphylococcus epidermidis* is of photothermal origin: an in vitro study. *Lasers Surg. Med.* **27**: 336-340.
- Hirsch, L. R., R. J. Stafford, J. A. Bankson, S. R. Sershen, B. Rivera, R. E. Price, J. D. Hazl, N. J. Halas, and J. L. West. 2003. Nanoshell-mediated near-infrared thermal therapy of tumors under magnetic resonance guidance. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **100**: 13549-13554.
- Karu, T. 1999. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J. Photochem. Photobiol. B.* **49**: 1-17.
- Mendonca, A. F., T. L. Amoroso, and S. J. Knabel. 1994. Destruction of gram-negative food-borne pathogens by high pH involves disruption of the cytoplasmic membrane. *Appl. Environ. Microbiol.* **60**: 4009-4014.
- Mochizuki-Oda, N., Y. Kataoka, Y. Cui, H. Yamada, M. Heya, and K. Awazu. 2002. Effects of near-infra-red laser irradiation on adenosine triphosphate and adenosine diphosphate contents of rat brain tissue. *Neurosci. Lett.* **323**: 207-210.
- Nam, K. C., J.-H. Kim, D. U. Ahn, and S.-C. Lee. 2004. Far-

- infrared radiation increases the antioxidant properties of rice hull extract in cooked turkey meat. *J. Agric. Food Chem.* **52**: 374-379.
12. Ward, G. D., I. A. Watson, D. E. S. Stewart-Tull, A. C. Wardlaw, and C. R. Chatwin. 1996. Inactivation of bacteria and yeasts on agar surfaces with high power Nd:YAG laser light. *Lett. Appl. Microbiol.* **23**: 136-140.
13. Wilson, M. 1993. Photolysis of oral bacteria and its potential use in the treatment of caries and periodontal disease. *J. Appl. Bacteriol.* **75**: 299-306.

(Received Jun. 18, 2005/Accepted Sep. 15, 2005)