KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 10, No. 1 (1978)

Salmonellae 菌의 방사선 感受性에 미치는 熱處理의 영향

崔 彦 浩 · 梁 在 昇 · 李 瑞 來
韓國原子力研究所 環境化學研究室
(1977년 10월 15일 수리)

Effects of Heat Treatment on the Radiosensitivity of Salmonellae

Eon-Ho Choi, Jae-Seung Yang and Su-Rae Lee
Environmental Chemistry Laboratory, Korea Atomic Energy Research Institute, Seoul
(Received December 15, 1977)

Abstract

When the food poisoning bacteria *Salmonella enteritidis* and *S. typhimurium* were treated with radiation (cobalt-60 r-rays) and heat (10 minutes at 45°C or 50°C), their sterilizing effect was revealed differently depending on the order of treatments. Post-irradiation heating showed a synergistic effect whereas pre-irradiation heating revealed the opposite effect and the effects differed slightly with heating temperature.

서 론

Salmonellae는 無胞子 Gram 음성세균으로서 주위환경 어느 곳에나 있으며 배설물이 혼입되기 쉬운 下水나 강물, 그리고 동물성 식품, 사료 등에서 흔히 검출된다.[1~8] 그러므로 수질오염의 지표로서 대장균에 못지 않게 주목되며 특히 *Salmonella typhimurium*, *S. enteritidis* 등은 사람에게서 무서운 食中毒을 일으킨다. Salmonellae의 오염은 동물성 가공식품, 특히 분말 또는 냉동된 달걀제품, 魚肉가공제품, 乳가공식품에서 발생되기 때문에 식품 위생학적으로 문제시되고 있다.[1,5~7]

식품에서 salmonellae의 살균에는 다른 세균에서와 마찬가지로 sorbate[9], propylene oxide[10], ethylene oxide[5~6] 등의 화학약제 처리법과 가열처리법 등이 있으며 이보다 효과적인 방법으로 방사선照射가 있다. Granville[5], Hobbs[6], Thornley[7], Ley[11]는 식품 또는 사료중의 salmonellae에 대한 가열, 약제처리, 방사선의 살균효과를 비교하고 감마선 照射의 우수성을 지적한 바 있다. 그러나 그의 安全性을 고려하여 감마선조사는 가급적 低線量으로 처리하는 것이 바람직하다. 이러한 이유 때문에 방사선과 熱의 併用처리가 연구되어 왔는데 일찍부터 Ingram[12]은 가열과 방사선을 병용처리하면 가열정도와 照射線量을 낮출 수 있지 않을가해서 통조림 살균에 이의 응용가능성을 제시한 바 있다.

저자들은 salmonellae 균의 방사선 照射에 있어서 가열과 방사선의 처리순서에 따라 살균효과가 전혀 다른 것을 관찰하였으므로 이에 그 결과를 보고한다.

실 험 방 법

1. 미생물의 保存 및 현탁액 조제

*Salmonella typhimurium*과 *S. enteritidis* 菌株를 국립보건연구원으로부터 분양받아 nutrient-yeast extract (beef extract 3 g, peptone 5 g, yeast extract 3 g) 寒天培地에서 繼代배양하였다. 이들 균주를 100 ml의 nutrient-yeast extract 액체배지에 접종하여 37°C에서 17시간 진탕배양한 후 1 ml를 취하여 다시 새로운 배지 100 ml에 접종하고 3~4시간 진탕배양하였다. 對數期의

미생물 현탁액을 4°C에서 8분간 원심분리 (7,000 rpm)하고 M/15 phosphate 완충액으로 2회 세척 원심분리하여 최종 세포농도가 완충액 1 ml당 10^7~10^8 개가 되도록 조절하였다.

2. 가열 및 방사선 照射

상기 미생물 현탁액 2 ml를 시험관(1.5×15 cm)에 담고 방사선 조사직전 혹은 직후에 45°C의 진탕수조에서 10분간 가열하였다. 방사선조사는 한국원자력연구소에 설치된 10,000 Ci Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 1분당 10 krad의 線量率로 0, 20, 40, 60, 80, 100 krad의 감마선을 조사하였다.

가열 혹은 감마선조사가 끝난 미생물 현탁액은 즉시 M/15 phosphate 완충액으로 적절히 희석하여 0.2 ml씩 nutrient-yeast extract 平板배지에 접종, 37°C에서 48시간 배양한 후에 형성되는 colony를 計數하였다.

결과 및 고찰

본 실험의 결과에서 salmonellae군은 일반 부패균에서와 같이 감마선에 대한 저항성이 그다지 크지 않아 D_{10}값(미생물을 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량)은 *Salmonella enteritidis*가 13 krad, *S. typhimurium*은 10 krad이었다(Fig.1, 2).

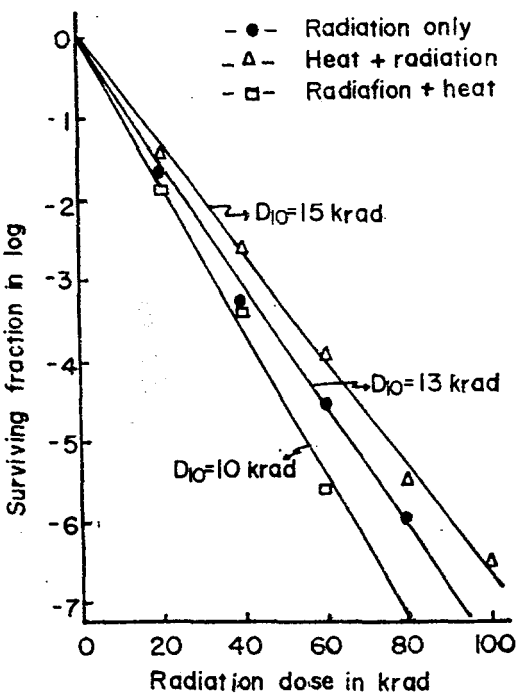

Fig. 1. Combined effects of radiation and heat(10 minutes at 45°C in phosphate buffer) on the survival of logarithmic cells of *Salmonella enteritidis*

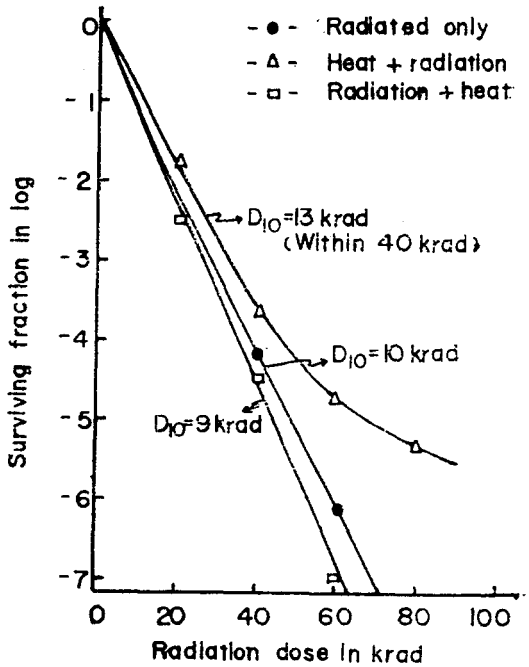

Fig. 2. Combined effects of radiation and heat(10 minutes at 45°C in phosphate buffer) on the survival of logarithmic cells of *Salmonella typhimurim*

가열과 방사선의 併用효과는 처리순서에 따라 차이가 있어서 *S. enteritidis*의 경우 가열처리(45°C에서 10분간) 후에 照射한 것은 D_{10} 값이 15 krad이고 照射후에 가열한 것은 11 krad이었다(Fig. 1). *S. typhimurium*의 경우도 정도의 차이는 있으나 같은 현상을 보였다(Fig. 2). 즉 45°C에서 가열만으로는 사멸되지 않으나 방사선을 병용처리함으로서 방사선 感受性에 변화를 가져왔는바 照射후 가열한 것은 상승효과를 보여준 반면에 가열후 照射한 것은 오히려 그 반대효과를 나타내었다.

Stehlik[13]는 *Sacharomyces cerevisiae*(45°C, 50°C), Sommer 등[14]은 *Moilinia fructicola*(44°C), Barkai-Golan[15]은 *Penicillium digitatum*(45°C, 50°C), Reynolds[16]는 *Bacillus subtilis* 포자(95°C), Choi 등[17]은 *Aspergillus flavus*(50°C, 55°C)와 *Penicillium islandicum*(50°C)에 가열과 방사선을 처리한 바 처리순서에 관계없이 살균작용에 있어서 상승효과를 보였으며 특히 가열후 照射에서 현저한 상승효과를 얻었다고 보고하였다. 또 Sommer[14]는 *Rhizopus stolonifer*(49°C),

Okazawa[18]는 *Penicillium terrester*(50°C, 55°C) 균주에 대한 가열과 방사선의 병용처리에서 상승효과를 인정하였으나 처리순서에는 그 효과에 차이가 없었다고 보고하였다.

본 실험에서 가열 후에 照射한 것이 가열전 照射에 비하여 살균효과가 낮고 더욱이 상승효과가 전혀 나타나지 않은 것은 위의 연구보고와 반대의 현상이다.

특히 *S. typhimurium*은 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 線量이 증가함에 따라 감수성이 떨어져 生菌數를 10^{-6}으로 감소시키는데는 방사선 단독처리에서 필요한 60 krad 보다 현저히 높은 조사선량(100 krad 내외)을 요구하였다.

본 실험에 사용한 salmonellae는 45°C에서 사멸되지도 않고 증식되지도 않았다. 그런데 처리순서에 따라서 相乘효과와 그 반대의 保護효과가 나타난 것은 흥미 있는 결과이다. 이와 같은 현상은 세균의 종류와 가열온도에 따라서 차이가 있는 것 같다. 본 실험에서 照射前 가열온도를 45°C에서 50°C로 변경시켰더니 *S. enteritidis*는 45°C에서 보이지 않던 상승효과를 50°C에서 나타내었으며(Fig. 3) *S. typhimurium*은 50°C에서 방사선 단독처리구와 별 차이가 없었으나 45°C의 병용

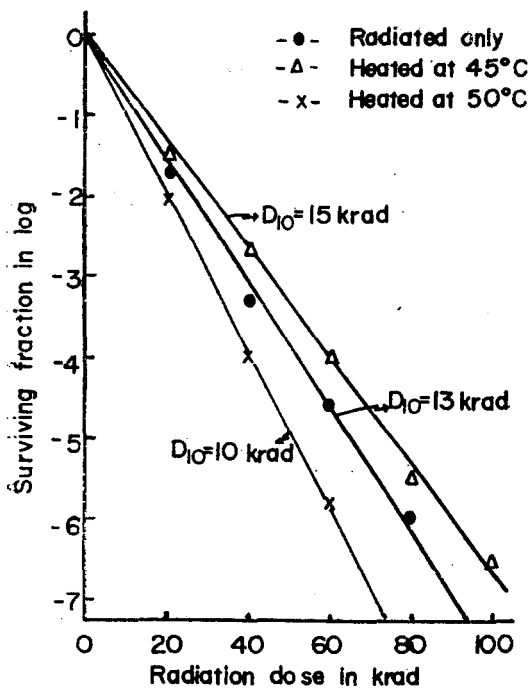

Fig. 3. Effects of pre-irradiation heating (10 minutes at 45°C or 50°C in phosphate buffer) on the survival of logarithmic cells of *Salmonella enteritidis*

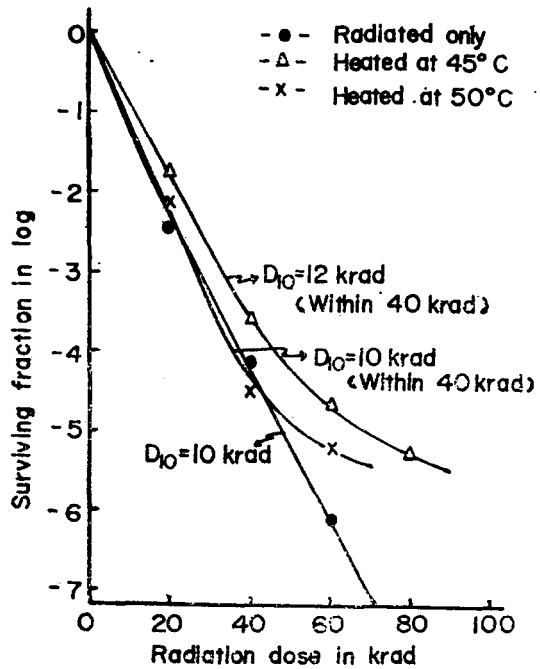

Fig. 4. Effects pre-irradiation heating(10 minutes at 45°C or 50°C in phosphate buffer) on the survival of logarithmic cells of *Salmonella typhimurim*

처리 보다는 현저한 살균효과를 나타내었다(Fig. 4).

방사선과 가열의 병용처리에 의한 미생물 致死作用의 상승효과 또는 억제효과에 대한 機作은 잘 알려져 있지 않으나 생명현상을 지배하는 세포내 DNA의 切斷(break) 및 修復(repair) 과정에 방사선 照射전후의 가열이 어떤 영향을 미치기 때문이 아닌가 생각된다.[19]

요　　약

食中毒 세균인 *Salmonella enteritidis*와 *S. typhimurium*에 방사선과 熱(45°C 또는 50°C에서 10분)을 併用처리한 바, 처리순서에 따라 살균작용에 현저한 차이가 나타났다. 방사선照射후에 가열한 것은 상승효과를 보였으나 방사선照射전에 가열한 것은 오히려 반대효과를 보였으며 그 영향은 가열온도에 따라 다소 차이가 있었다.

—◇—

본 실험에 사용한 미생물 菌株를 분양하여주신 國立保健硏究院 微生物部 김경준硏究官께 깊은 謝意를 표한다.

참 고 문 헌

1) Foster, E. M.: *Food Technol.*, **23**, 1178 (1969).
2) Sayler, G. S., Nelson, J. D. Jr., Justice, A., and Cowell, R. R.: *Appl. Environ. Microbiol.*, **31**, 723 (1976).
3) Cook, W. L., Champion, A. A., and Ahern, C. A. : *Appl. Microbiol.*, **28**, 723 (1974).
4) Thomason, B. M., Biddle, J. W., and Cherry, W. B.: *Appl. Microbiol.*, **30**, 764 (1975).
5) Granville, A.: *Radiation Control of Salmonellae in Food and Feed Products, Technical Report Series* No. 22, IAEA, Vienna, p. 9 (1963).
6) Hobbs, B. C.: *Radiation Control of Salmonellae in Food and Feed Products, Technical Report Series* No. 22, IAEA, Vienna, p. 35 (1963).
7) Thornley, M. J.: *Radiation Control of Salmonellae in Food and Feed Products, Technical Report Series* No. 22, IAEA, Vienna p. 81 (1963).
8) Cherry, W. B., Hanks, J. B., Thomason, B, M., Murlin, A. M., Biddle, J. W., and Croom, J. M.: *Appl. Microbiol.*, **24**, 334 (1972).
9) Tompkin, R. B., Cristiansen, L. N., Shaparis, A. B., and Bolin, H.: *Appl. Microbiol.*, **28**, 262 (1974).
10) Tompkin, R. B. and Stozek, S. K.: *Appl. Microbiol.*, **27**, 276 (1974).
11) Ley, F. J.: *Food Irradiation* (Proc. Symp., Karlsruhe, June 1966), IAEA, Vienna, p. 349 (1966).
12) Ingram, M.: *Intern. J. Appl. Rad. Isotopes*, **6**, 105 (1959).
13) Stehlik, G. and Kaindl, K.: *Food Irradiation*(Proc. Symp., Karlsruhe, June 1966), IAEA, Vienna, p. 299 (1966).
14) Sommer, N. F. and Maxie, E. C.: *Food Irradiation* (Proc. Symp., Karlsruhe, June 1966), IAEA, Vienna, p. 571 (1966).
15) Barkai-Golan, Kahan, R. S., and Padova, R.: *Phytopathology*, **59**, 922 (1969).
16) Reynolds, M. C. and Brannen, J. P.: *Radiation Preservation of Food* (Proc. Symp., Bombay, Nov. 1972), IAFA, Vienna, p. 165 (1973).
17) Choi, E. H. and Lee, S. R.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **7**, 154 (1975).
18) Okazawa, Y.: *Ann. Rept. Inst. Phys. Chem. Res.* (Japan), **47**, 211 (1971).
19) Matsuyama, A.: *Radioisotopes*, **22**, 724 (1973).