Kor. J. Food Hygiene 5 (1, 2), 21-26 (1990)

감마선조사에 의한 양송이버섯의 미생물적 품질안정

변명우 · 권중호 · 조한옥 · 차보숙* · 강세식** · 김중만**

한국원자력연구소 식품조사연구실, * 수원 간호전문대학 식품영양학과

** 원광대학교 농과대학 농화학과

Microbiological Quality Stability of Fresh Mushroom (*Agaricus bisporus*) by Gamma Irradiation

Myung-Woo Byun, Joong-Ho Kwon, Han-Ok Cho, Bo-Sook Cha*, Se-Sik Kang and Joong-Man Kim****

Division of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Seoul

**Department of Food Nutrition & Science, Suwon Nurse's College, Suwon*

***Department of Agricultural Chemistry, Wonkwang University, Iri*

ABSTRACT—The effect of gamma irradiation on microbiological quality of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*) were investigated. Gamma irradiation was found to be effective in lowering microbial counts initially and throughout storage. Decreases in microbial counts were strongly correlated with doses initially and during storage. Microbial counts of 2 to 3 kGy irradiated mushrooms remained significantly lower than unirradiated control mushrooms for a period of up to 2 to 3 weeks when stored at 9 ± 1°C and 80 ± 7% RH. Therefore, qualitative and quantitative changes in mushroom microflora by irradiation contributed to overall increases in shelf life of fresh mushrooms.

Keywords□Fresh mushrooms, Microbiological quality, Gamma irradiation, Shelf life.

신선버섯의 저장 중 품질저하는 버섯 자체 노후(natural senescence)와 미생물적 변패로 대별된다. 신선버섯 자체 노후에 대한 감마선조사 영향은 저자 등[1]에 의해 1~3 kGy 선량조사로서 숙도지연에 따른 신선도 유지에 효과가 매우 큼이 밝혀졌다.

신선 채소류에 존재하는 대개의 기생유기체(saprophytes)는 토양, 공기, 물 등으로부터 오염되는 세균, 곰팡이, 효모들이며 또한 생산물의 취급 도중에 오는 오염도 커서 취급시 상처는 미생물 생육을 위한 영양분의 방출로 미생물의 생육촉진과 변패 미생물의 출입문 역할을 한다.[2] 따라서 신선 채소류의 변패미생물의 조절은 단지 취급수단의 직접적인 안전화 및 위생화와 환경조건(온도, 습도, 대기조건 등)의 조절에 의해서만 미생물의 증식을 실질적으로 억제할 수 있다. 특히 생 양송이 버섯의 경우 발효된 볏짚퇴비에 복토를 덮어 인공재배하고 있어 퇴비와 복토로부터 병원성 세균의 오염에 의한 위생적 측면과 부패균 특히 내열성 부패균 등의 오염은 신선 양송이의 품질저하는 물론 최종 가공제품(양송이 통조림 등)의 저장성에도 문제를 야기 시킨다. 따라서 이미 국제적으로 식품의 방사선 조사는 안정성과 경제성이 공인되었으며, 미국, 네델란드, 중국, 헝가리, 한국 등에서도 신선버섯의 감마선조사에 대한 건전성이 법적 허가되어 일부 산업화되고 있다.[3] 본 보는 전보[1]의 신선버섯의 감마선조사에 의한 물리적 특성 안정화에

Received for publication 23, February, 1990
Reprint request; Dr. M.W. Byun at above address.

이어 미생물적 품질안정성에 관한 연구를 수행하였기에 보고한다.

재료 및 방법

시료의 전처리 및 저장－실험에 사용된 양송이(*Agaricus bisporus*)는 화이트종으로 경기도 용인 소재 삼풍농원에서 종균접종 후 43일간 배양된 것을 구입하였다. 시료의 포장은 골판지상자(18×11×7 cm)에 넣고 이것을 0.06 mm 두께의 Polyethylene Film으로 겉 씌우기를 하였으며, 감마선조사는 저준위 Co-60 조사시설(7.4 nBg)을 이용하여 시간당 400 Gy의 선량률로 1, 2 및 3 kGy를 조사하고, 대조구와 함께 9±1℃와 80±7% RH의 조건에 저장하면서 실험에 이용하였다.

미생물 생육시험－양송이시료 50 g을 살균된 Waring Blendor Jar에 정확히 취하고 살균된 0.1%-Peptone 수를 가한 후 2~3분 동안 균일하게 잘 마쇄하여 0.1%-Peptone 수로 전량을 100 ml로 하였다. 각 미생물검사는 이 시험액을 이용하여 3회 반복으로 실시하고 미생물의 수는 Colony Forming Unit(CFU)로 나타내었다. 전호기성세균(total aerobic bacteria)은 Witowski 등[4]의 방법에 따라 Eugon Agar(Difco, Lab.)를 이용 28℃에서 1~2일간 배양 하였으며, 저온성세균(Psychrotrophic Bacteria)은 전호기성 세균과 동일한 방법의 배지를 이용하여 4℃에서 6~7일간 배양한 후 집락을 계수 하였다.[5] 효모 및 곰팡이는 Potato Dextrose Agar(Difco, Lab.)를 사용하여 살균된 10%-Tartaric Acid로 pH를 3.5로 조절한 후 평판법으로 25℃에서 5~6일간 배양 후 계수하였다.[5] 대장균군은 Desoxycholate Agar(Difco, Lab.)를 이용한 pour pate method로 37℃에서 1~2일간 배양 후 적색의 집락을 계수하였다.[6]

결과 및 고찰

양송이 버섯의 미생물 생육시험－전호기성세균의 변화 : 양송이의 미생물적 변패의 주 원인은 표면살균(surface bacteria)의 생장으로 인한 버섯조직의 용해이다. 대부분의 과실과 채소류는 그들이 신선할 때는 세균을 방지할 수 있는 표면을 유지하고 있으나, 버섯의 경우는 그렇지 못해서 세균, 곰팡이, 효모 등이 버섯조직에 아주 쉽게 침투할 수 있다.[1]

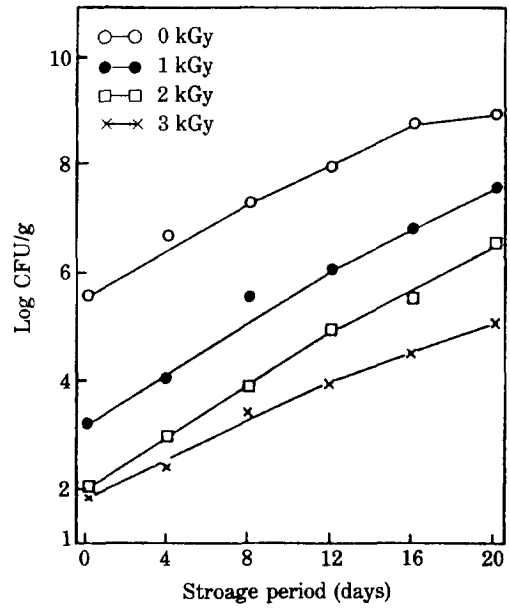

Fig. 1. Effect of gamma irradiation on total aerobic bacteria of mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage at 9±1°C and 80±7% RH.

감마선조사와 저장기간에 따른 전 호기성세균 생육양상은 다음과 같다(Fig. 1). 감마선조사 직후 비조사구의 호기성세균의 오염도는 3.6×10^5 CFU/g 정도였고, 1, 2, 3 kGy 선량 조사구는 각각 1.8×10^3 CFU/g, 1.2×10^2 CFU/g, 8.0×10^1 CFU/g으로 2~4 log cycles 정도 격감되었다. 9℃에서 저장 중 생육변화를 보면 비조사구는 저장 4일에 4.9×10^6 CFU/g, 저장 8일에 2.0×10^7CFU/g로 급격한 증가를 보였으나, 1 kGy 조사구의 저장 12일째와 2~3 kGy 조사구의 저장 20일째에도 비조사구의 저장 4일째 보다도 낮은 수치를 나타내어 감마선 조사가 호기성세균의 생육억제에 미치는 영향이 큼을 알 수 있다.

양송이에 오염된 호기성세균은 주로 Gram 음성 간균인 *Pseudomonas fluorescens* group으로 알려지고 있으며,[8] 양송이 표면이나 육질 Color의 부분적인 갈색 반점은 *Pseudomonas tolaasii* Paine에 의해 일어난다고 보고되고 있다.[9] 일반적으로 *Pseudomonas* sp.은 많은 식품에 존재하며,[10-12] Maxcy[12]의 보고에 의하면 많은 호기성세균 중 *Pseudomonoas fluorescens*는 가장 방사선에 민감한 것으로 나타났다.

본 실험에서 양송이에 1~3 kGy 선량조사는 비조

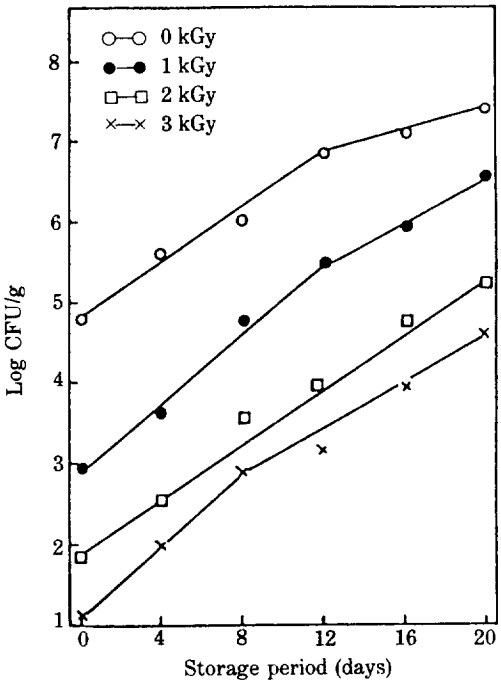

Fig. 2. Effect of gamma irradiation on psychrotrophic count of mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage at 9±1°C and 80±7% RH.

사구에 비해 2~3주 이상 호기성세균의 생육을 억제할 수 있었으며, 이러한 결과는 Karmer[13]의 1~2 kGy 조사된 양송이를 13℃에서 저장했을 때와 조사구에 비해 2주 정도 호기성세균의 생육을 지연시켰다는 보고와 잘 일치하였다.

저온성세균의 변화—양송이는 주로 낮은 온도에서 (0~10℃) 저장, 유통되며, 냉장 중 낮은 온도에서도 저온성세균의 증식으로 미생물적 품질저하를 초래하며, 저온성세균은 *Pseudomonas* sp.으로 알려지고 있다.[14] 감마선조사 및 저장기간에 따른 저온성세균의 생육양상은 다음과 같다(Fig. 2). 감마선조사 직후 비조사구의 오염도는 5.7×10^4 CFU/g 정도였으며 1, 2, 3 kGy 선량조사로 각각 2~4 log cycles 정도 격감되었다. 저장기간에 따른 생육변화는 비조사구는 저장 4일에 3.5×10^5CFU/g 저장 8일에는 1.0×10^6 CFU/g로 크게 증식한 반면, 1 kGy 조사구는 저장 12일째, 2 kGy와 3 kGy 조사구는 저장 20일 까지도 비조사구의 저장 4일째 보다도 낮은 증식을 나타내어 앞의 전호기성세균의 생육양상과 비슷한 경향을 보여 주었다.

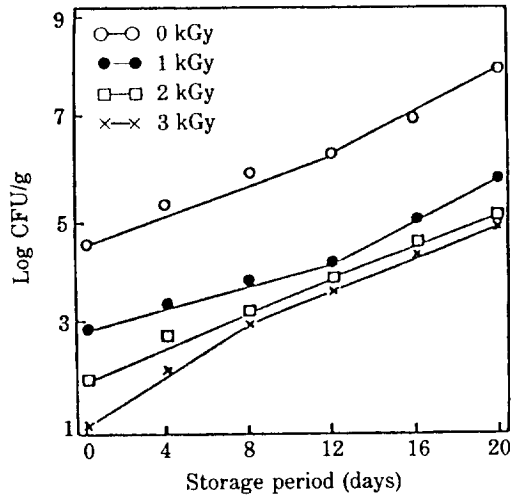

Fig. 3. Effect of gamma irradiation on yeast count of mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage at 9±1°C and 80±7% RH.

효모 및 곰팡이의 변화—효모의 오염도는 비조사구에서 조사 직후 3.9×10^4 CFU/g 이었고, 1~3 kGy 조사로서 2~4 log cycles 감소되었다. 저장기간에 따른 변화에서 비조사구는 저장 4일에 2.6×10^5 CFU/g, 저장 8일에 1.0×10^6 CFU/g 정도로 증식되었으나, 1 kGy 조사구는 저장 16일, 2 kGy와 3 kGy 조사구는 저장 20일까지도 비조사구의 저장 4일째 보다 낮은 수치를 나타내었다(Fig. 3). PDA 배지상의 효모의 외관은 비조사구는 일반적으로 반투명 혹은 회색의 집락(colony)과 불투명한 오렌지색 또는 황색을 띠는 큰 집락을 보였으나, 감마선조사구에서는 집락의 크기가 작고 불투명하거나 흰색의 집락을 형성하였으며, 이러한 결과는 Beelman 등[8]과 Karmer[13]의 연구결과의 거의 일치하였다.

곰팡이의 생육변화는 조사 직후 비조사구는 7.5×10^3 CFU/g 정도였으며, 저장 4일경부터 외관상으로 버섯표면에 청회색의 포자가 형성되었고 저장 8일경부터 버섯균사(Mushroom mycellium)인 표면 솜털곰팡이(Surface mold fluff)가 버섯을 덮었다. 또한 버섯 표면에 갈색반점(Brown blotches)을 보인것도 일부 관찰되었는데 이는 버섯에 기생하는 곰팡이인 *Mycogene Perniciosa*에 의한 것으로 알려지고 있다.[9] 그러나 1 kGy 조사된 시험구에서는 저장 12일경에 버섯표면의 청회색의 곰팡이 포자가 다소 생성됨을 보였고, 2~3 kGy 조사구에서는 저장 20일까지도

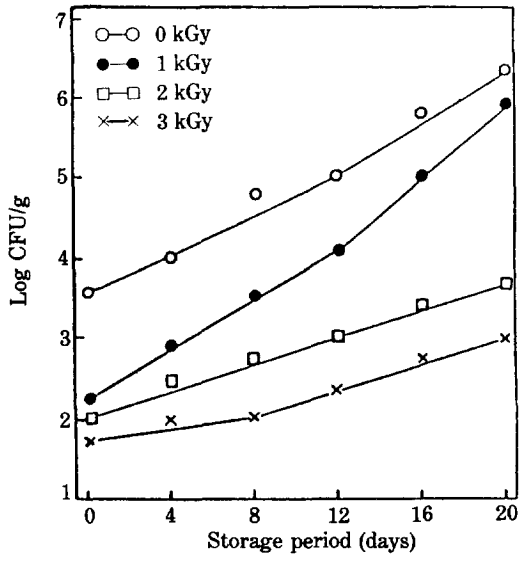

Fig. 4. Effect of gamma irradiation on mold count of mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage at 9±1°C and 80±7% RH.

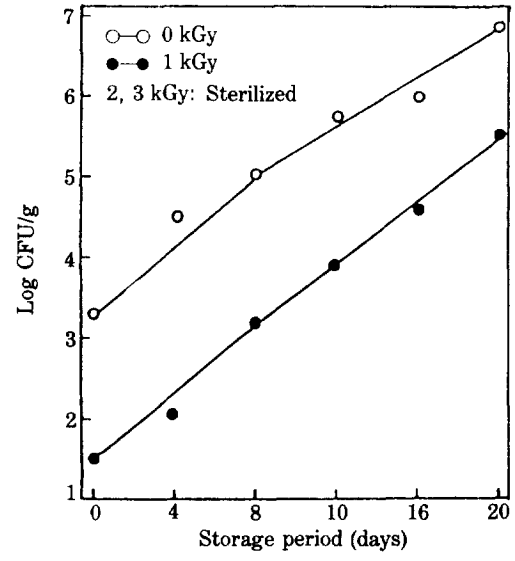

Fig. 5. Effect of gamma irradiation on coliform count of mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage at 9±1°C and 80±7% RH.

비조사구의 조사 직후 오염도보다 낮은 수치를 나타내었다. 또한 외관상 곰팡이의 포자형성은 볼 수 없었으며 이러한 결과는 Skou 등[9] 보고와 일치하였다 (Fig. 4).

대장균군의 변화—일반적으로 신선 과채류의 병원성세균 오염은 사람이나 동물의 노폐물을 작물에 배비하거나 관개하였을 때 오염된다. 본 실험에 사용된 양송이에 있어서도 2.1×10^3 CFU/g 정도의 높은 대장균군의 오염도를 나타내어 위생적 생산과 취급이 요구되었다. 감마선조사와 저장기간에 따른 대장균군의 생육변화를 보면 다음과 같다(Fig. 5). 비조사구에 있어서는 저장 4일에 3.8×10^4 CFU/g, 저장 8일에 1.0×10^5 CFU/g 로 증가되었으며, 1 kGy 조사로서 3 log cycles 정도의 격감을 보였고 2 kGy와 3 kGy 조사로서는 완전사멸되어 저장 20일까지도 이들의 생육이 없었다. 대체로 Entrobacteriaceae과의 일반 Species는 방사선에 민감한 것으로 알려지고 있으며,[12] 본 실험에서도 2 kGy 이상 조사로서 완전사멸되어 식품 위생적 측면에서도 감마선조사가 바람직함을 알 수 있었다.

국문요약

양송이의 감마선조사와 저장에 따른 미생물 생육시험에서 일반세균은 조사 직후 조사선량의 증가와 더불어 2~4 log cycles 정도의 격감을 가져왔으며, 저장 중 생육억제효과로 뚜렷하여 2~3 kGy 조사구는 9±1℃ 저장에서 비조사구에 비해 2주 이상 일반세균의 생육을 억제시킬 수 있었다. 효모 및 곰팡이의 생육변화는 저장초기 10^3~10^4 CFU/g 정도 오염된 것이 비조사구에서는 계속 증식하여 저장 4일경부터 외관상 버섯표면에 청회색의 포자가 형성되고 버섯균사인 솜털곰팡이가 버섯을 덮기 시작하였으나 2~3 kGy 조사구에서 저장 20일까지도 저장초기의 오염도보다 낮은 수치를 나타내었으며 외관상 곰팡이의 포자형성이 없었다. 대장균군은 저장초기 10^3 CFU/g 정도로 높게 오염되어 있었으나 2 kGy 이상 조사로서 완전사멸되어 식품위생적 측면에서도 감마선조사가 바람직함을 알 수 있었다. 따라서 감마선조사는 양송이의 미생물상(microflora)에 대한 질적, 양적 변화를 가져옴으로써 버섯의 전반적인 저장성을 향상시켰다.

참고문헌

1. Byun, M.W., Kwon, J.H., Cho, H.O., Cho, B.S., Kang, S.S. and Kim, J.M.: Effect of ionizing radiation of physiological characteristics of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 669 (1989).
2. ICMSF: "Microbial Ecology of Food", Vol.II, Academic Press, New York, p.606 (1980).
3. WHO/FAO: A technique for preserving and improving the safety of food, Food Irradiation, Published by the WHO/FAO, Geneva (1988).
4. Witowski, M.E. and Doores, S.: Private Communication, A Producedure for the Total Aerobic Plate Count of Raw Mushrooms (*Agaricus bisporus*), The Pennsylvania State University, University Park (1981).
5. APHA: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, M. Speok (Ed.), American Public Health Association, Washington, DC. (1976).
6. 서울특별시 보건연구소 : 병원미생물 검사요원 교재, p.18(1976).
7. Ball, E.: Mushrooms That Last, Penn State Univ., p.17, Winter (1986).
8. Beelman, R.B. and Doores, S.: U.S. Dept. Commerce Project No. 99-26-07151-10, American Mushroom Institute, Kennet Square, PA (1984).
9. Skow, J.P., Bech, K. and Lundsten, K.: Effect of ionizing irradiation on mushrooms as influenced by physiological and environmental condition, *Radiation Botany*, **14**, 287 (1974).
10. Corlett, D.A., Lee, J.S. and Sinnhuber, R.O.: Analysis of microbial flora in irradiated Dover-sole, *Appl. Microbiol.* **13**, 818 (1965).
11. Green, J.H. and Kaylor, J.D.: Variations in the microbial log reduction curves of irradiated cod fillets, shrimp and respective homogenates, *Appl. Environ, Micorobiol.*, **33**, 323 (1977).
12. Maxcy, R.B.: Irradiation of food for public health protection, *J. Food Protect*, **45**, 363 (1982).
13. Kramer, M.E.: Evaluation of gamma irradiation for extension of the shelf life of fresh packed mushrooms (*Agaricus bisporus*), The Penn. State Univ., M.S. Thesis, Univ. Park (1986).
14. Wozna, J.: Effect of ionizing radiation on the microflora and storage life of fresh mushroom (*Psalliota campestris*), *Rooz. Technol. Chem. Zywn.*, **19**, 89 (1970).