건조향신 조미식품의 품질보존을 위한 효과적인 살균방법에 관한 비교연구

신광순 · 마점술 · 조종후*

서울대학교 수의과대학 *전북대학교 수의과대학

Effects of Gamma Irradiation and Ethylene Oxide Fumigation for the Quality Preservation of Spices and Dry Vegetables

Kwang-Soon Shin, Jum-Sool Ma and Chung-Hoo Cho*

College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Suwon 440, Korea

**College of Veterinary Medicine, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea*

ABSTRACT-Gamma irradiation as a new physical treatment was applied to comparative investigates with a conventional ethylene oxide fumigant on the microbiological and physicochemical qualities of selected spices and dry vegetables such as powdered red pepper, black pepper, welsh onion, onion, garlic, carrot, korean cabbage and instant ramyon soup. The microorganisms contaminated in the sample, including total viable count, thermophilic bacteria, aerobic spore and fungi counts between the 10^4 to 10^6/g range. Coliforms were found only in black pepper and welsh onion powder as the 10^2 to 10^3/g level. A radiation dose of 7 to 10 KGy were sterilized completely to the contaminated microorganisms, while ehthylene oxide (E.O.) fumigation reduced of them to the 10^3/g level. An optimum dose of irradiation was less detrimental than E.O. fumigation to the physicochemical properties of the sample. Sensory evaluation after three months of storage at room temperatures showed that the overall acceptability of irradiated sample was higher than that of the nontreated control as well as E.O. fumigated samples. Comparison gamma irradiation with E.O. gas treatment showed that E.O. treatment was less effective than radiation in cotrolling microbial contamination of spices and vegetables.

Keywords □ Gamma Irradiation, Ethylene oxide, Preservation, Yegetables

서 론

식생활의 편의화와 다양화에 따라 각종 인스탄트식품의 생산이 증가하고 있으며, 특히 라면 등 인스탄트면류 및 편의식품(convenience food)에 첨가하는 농산건조식품(고추, 파, 마늘, 양파, 후추 등)인 향신원료 및 인스탄트수우프의 사용량이 매년 증가하고 있다. 이들 향신원료는 수입품과 국내 생산품으로 충당하고 있으나 현지에서 수확·건조·수송·저장·가공 등의 과정 중에 미생물의 오염 가능성이 매우 높으며, 특히 토양유래의 내열성, 호기성이포균 및 곰팡이균의 오염과 대장균군의 2차오염이 높아서 이들 향신원료가 식품공업용으로 사용될 때 부패의 유기체로서 식품의 유통상 부패변질이 문제시 되고 있다.

향신원료의 이들 미생물오염은 그 종류에 따라 차이가 있으나 대체로 g당 10^2~10^5 수준이며, 많은 경우는 10^7~10^8 이상 오염되어 있다고 한다.[1,2] 포자형성 세균 중 가장 보편적인 것이 간균속으로서 병원성인 Bacillus cereus나 Clos-

Received for Publication 12 June, 1989
Reprint request; Dr. K.S. Shin at above address

tridium perfrigens 등이 오염될 수도 있다.[3,4]

향신원료의 살균방법으로는 증기살균처리법(115℃, 55분), 훈증처리법, 자외선조사법(250~270 nm), microwave 조사법 등[5-7]이 있으나 이들 방법만으로는 완전한 살균처리가 곤란하다. 즉 증기살균처리의 경우 90℃ 이상의 가열로 향신원료의 독특한 향미성분의 변화가 심하여 품질을 저하시키며, 자외선 조사는 투과력이 약하여 외표면 이외의 혼입미생물을 살균할 수 없고, microwave 처리는 향신원료의 수분함량이 낮기 때문에 살균효과가 충분하지 못하다.

오늘날 상업적으로 가장 많이 이용되고 있는 살균방법은 훈증처리법으로서 ethylene oxide, ethylene dibromide, propylene oxide 등이 사용되는데 이러한 가스 살균은 물과 무기의 염소이온이 존재할 때 향신원료에 잔류한 ethylene oxide와 작용하여 chlorohydrine이 생성되며, propylene oxide에서는 chloropropanol 이성체가 생성되어 유독물질로서의 독성이 발현된다.[8] 또한 ethylene oxide는 식품 중에 잔류할 가능성이 높아서 934g/m³의 가스농도로 22℃에서 3시간 처리할 때 570 ppm이 잔존하게 되며 이 경우 3회 반복 탈기하더라도 384 ppm이 잔류한다고 한다.[9]

또한 이러한 가스처리는 완전포장 상태로는 가스가 침투하지 못하여 완전살균이 곤란하며, 살균 후에 포장하게 되므로 2차오염의 가능성이 높으며, 유독성분의 생성 및 잔류 등 문제점이 많다. 이 밖에도 가스처리는 단백질이나, 당, 비타민 등의 $-OH$, $-SH$, $-NH_2$들과 화학적으로 반응하여 각종 영양소의 파괴가 일어나며 이미 이취의 원인이 되고 있다.[10]

우리나라 식품첨가물 규격 및 기준(보건사회부 고시)에서는 ethylene oxide의 사용기준을 정하여 가공한 건조 천연조미료에 훈증제로서 그 사용이 허용되어 있으며, 최종 제품에 50 ppm 이상 잔존하여서는 아니되며 그 사용농도를 표시하도록 규정하고 있다.[11] 또한 일본에서는 1982년에, 독일에서 1985년에 훈증제인 ethylene oxide에 의한 식품의 살균을 전면 금지시킨바 있다.[12]

이러한 살균방법들의 문제점을 해결할 수 있는 대체방법으로서 근래 방사선조사에 의한 처리 방법이 개발되고 있다.[13] 과거 방사선조사는 식품첨가물의 범위에 포함시켰으나 1976년 FAO/IAEA/WHO 합동전문위원회에서는 방사선처리는 가열, 냉각, 전자파, 자외선처리 등과 같은 물리적인 처리법으로 인정하기로 하였으며, 1980년 동 위원회에서는 1 Mrad(10 kGy) 이하를 조사할 경우 그 식품에 대하여 무조건 그 건전성을 허가한 바 있다.[14] 최근 미국에서도 식품의 살균, 살충에 이용되는 ethylene oxide나 ethylene dibromide와 같은 훈증제와 각종 식품첨가 방부보존제로 사용하고 있는 화학약물은 인체에 대한 잠재적 장해 및 환경오염 때문에 전면적으로 방사선조사로 대체할 것을 권장하고 있다. 즉 미국에서는 향신원료를 비롯한 분말식품과 건조야채류의 살충 살균 목적으로 10 kGy의 방사선을 조사하는 것은 안전하다고 하였으며, 신선한 과일과 야채류의 생장과 속도조정 및 해충구제를 위하여 1 kGy, 향신료의 살균을 위하여 30 kGy까지의 방사선조사를 인정하였다.[15,16]

우리나라에서도 1987년 10월 16일자로 식품 등의 규격 및 기준을 재정고시하여 식품조사처리 기준을 신설하여 천연식품인 감자, 마늘 및 양파는 0.15 kGy 이하, 밤은 0.25 kGy 이하, 생버섯 및 건조버섯은 1.0 kGy 이하의 방사선조사를 허가한 바 있으며, 1988년 9월 1일에는 추가로 건조향신료인 고추, 후추, 마늘, 생강, 파 및 양파에 10 kGy 이하의 조사를 허용한 바 있다.[17]

본 연구에서는 향신조미농산원료 중 인스탄트면류의 조미수우프의 주원료인 고추, 후추, 마늘, 파, 양파 등 미생물오염도가 비교적 높은 천연분말 향신원료와 이들 원료향신료를 주고 사용하여 제품화한 분말수우프를 대상으로 하여 현행 상업적 처리법인 ethylene oxide 가스 훈증처리법과 방사선조사처리법과의 차이점을 미생물학적, 이화학적 및 관능적으로 비교하는 실험을 수행하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

시료—본 실험에 사용한 시료는 우리나라 5개 라면회사에서 사용하는 수우프원료와 인스탄트수우

프를 고온다습한 8월에 구입하여 시료로 사용하였다.

시료의 살균처리 및 저장—1) 방사선조사는 각 시료를 polyvinyl chloride(PVC) 주머니에 100g씩 포장하여 정부의 방사선조사 처리시설로 허가받은 융영물산주식회사(경기도 여주군 능서면 신지리)의 조사시설(선원 500,000 Ci의 Co^{60}감마선 조사시설)을 이용 시간당 490 Gy의 선량율로 3, 7, 10 kGy 선량을 각각 조사하였다.

2) 훈증처리는 국내에서 가장 많이 이용되는 ethylene oxide gas를 사용, 전문업체(T gas 화학)에 의뢰하여 처리하였다.

각 시료를 5 kg씩 PVC주머니에 담아 상단을 개봉한 후 처리하였는데, 처리조건은 ethylene oxide(EO)와 CO_2가 30 : 70%(W/W)의 비율로 50~55℃의 온도와 30~50%의 상대습도, 0.6~1.0 kg/cm^2G의 압력과 1.77 kg/m^3의 gas 밀도의 chamber 내에서 8시간 훈증하고 수회 탈기하여 무균실에서 100g씩 포장한 후 시료로 하였다.

각 시료는 무처리군인 대조군, 방사선조사군 및 EO 처리군으로 구분하여 실온에 저장하면서 실험에 사용하였으며 경시적 변화를 보기 위하여 3개월 후 2차실험을 실시하였다.

미생물검사—미생물검사는 APHA 표준방법[18] 및 Elmer 등[19]의 방법에 따라 각 시료를 3반복으로 실시하였다. 즉 중온성 총세균은 Brain-Heart Infusion Agar(BHIA)를 사용하여 34~37℃에서 14~20시간 배양하였고, 대장균군은 MacConkey Agar를 사용 34~37℃에서 18~22시간 배양하였고, 내열성세균은 63.5~68.5℃ 수욕조에서 30분간 가열처리하고 냉각수로 냉각시킨 후 36~40℃에서 18~24시간 배양하였으며, 호기성 아포균은 80~95℃에서 10분간 전처리 후 BHIA를 사용하여 36~40℃에서 18~24시간 배양하였고, 곰팡이균은 Potato-dextroxe agar를 사용 19~23℃에서 3~7일간 배양한 후, 각각 plate method로 계수하였다.

이화학적 특성실험—1) 수분 및 회분은 AOAC 공정법[20]에 따라 분석하였고, 2) 전당분은 Clegg's anthron법,[21] 비타민 C는 2,4 -Dinitrophenyl hydrazine 비색법[22]에 따라 각각 파장 630 nm 및 540 nm에서 정량하였다. 3) 용매추출색소인 고추의 적색소인 capsanthin의 측정은 Chen과 Gutmanis의 방법[23]에 준하였다. 즉 시료 약 0.5g를 정취하여 acetone 50 m*l*로 추출하고 이 추출액을 5배 희석하여 파장 470 nm에서 비교하였다. 후추의 신미성분의 주성분인 piperine의 함량은 Lee의 방법[24]에 의하여 580 nm에서 비색 정량하였다. 4) Pyruvic acid의 함량측정은 Schiwimmer와 Guadagni의 방법[25]에 따라 파장 420 nm에서 비교하였다.

이상의 각 항목의 흡광도 측정은 CE 343 Grating Spectrophotometer(Cecil Co., England)를 사용하였다.

관능검사—관능검사에 사용된 시료는 비교적 향미가 강한 고추 및 후춧가루, 양파, 마늘, 및 생강분말 등 5종의 수우프원료와 기히 제조된 라면수우프 1종을 대상으로 하였다. 각 시료의 무처리구, 10 kGy 조사구 및 E.O. 가스처리구를 대상으로 저장 3개월 후 각 품목별로 고유한 기호성(풍미, 색택 등)을 평가하였으며, 분말색도는 Hunter's color defference meter(Model D25-9)로 측정하였다. 관능검사원으로는 훈련된 대학원생 10명을 선정하여 실시하였는 바, 색택은 외관적 관찰로, 풍미는 시료 일정량을 취하여 80℃의 온수를 적당량 가한 후 냄새와 맛을 순위법(rank-order test)[26]에 따라 실시하였으며, 검사결과는 분산분석에 의하여 통계처리 유의성을 검토하고 유의성이 인정되면 Duncan검정을 실시하여 각 시료간의 유의적 차이를 조사하였다. 라면수우프는 일정량의 물을 끓인다음 면과 수우프를 넣고 약 5분간 더 끓인다음 상기와 동일한 관능검사방법으로 시식평가를 하였다.

결과 및 고찰

건조향신조미식품의 미생물오염도—라면수우프원료 및 수우프의 미생물오염도는 Table 1 및 2와 같다. 즉 원료의 미생물오염은 종류에 따라 차이는 있으나 중온성 총세균을 비롯하여 주로 내열성, 호기성 아포균과 곰팡이가 10^4~10^6범위로 오염되어 있다. 특히 고춧가루와 후춧가루에서 중온

Table 1. Distibution of microorganisms in instant ramyon spice powders

(Un:t : No. of organisms per gram)

Microflora / Spices	Total count	Thermophilic bacteria	Aerobic spores	Fungi	Coliform group
Red pepper	9.63×10^6	4.51×10^6	3.15×10^4	4.10×10^6	-
Black pepper	9.96×10^6	9.99×10^5	1.96×10^5	8.05×10^6	4.47×10^3
Welsh onion	6.43×10^5	1.48×10^5	9.00×10^3	6.75×10^5	5.00×10^2
Onion	8.05×10^5	9.40×10^4	1.75×10^3	2.25×10^4	-
Garlic	5.75×10^5	1.19×10^5	3.18×10^4	5.33×10^5	-
Carrot	1.01×10^6	8.50×10^4	1.16×10^4	1.06×10^5	-
K. Cabbage	1.99×10^6	3.83×10^5	2.50×10^4	5.54×10^5	-
mean	2.69×10^6	9.05×10^5	4.38×10^4	2.01×10^6	7.10×10^2

Table 2. Distribution of microorganisms in instant ramyon soup powders

(Unit : No. of organisms per gram)

Microflora / Spices	Total count	Thermophilic bacteria	Aerobic spores	Fungi	Coliform group
A	1.09×10^6	2.05×10^5	1.81×10^4	6.44×10^5	-
B	2.83×10^6	1.90×10^5	8.63×10^4	3.65×10^5	-
C	4.88×10^6	2.06×10^5	4.13×10^4	9.05×10^5	9.33×10^4
D	3.97×10^6	2.08×10^5	8.60×10^4	4.40×10^5	-
E	5.93×10^6	7.45×10^5	6.35×10^4	1.03×10^6	-
mean	3.74×10^6	3.11×10^5	5.90×10^4	6.77×10^5	1.87×10^4

성 총세균이 10^6/g, 내열성 세균이 $10^5\sim10^6$/g, 호기성 세균이 $10^4\sim10^5$/g, 곰팡이가 10^6/g로 높은 오염도를 보였고, 파, 양파, 마늘, 당근, 배추 등도 각종 미생물이 상당량 검출되었다.

이 결과는 국내에서 조 등[27]이 보고한 결과와 거의 일치하였다. 한편 대장균군은 후춧가루와 파에서만 $10^2\sim10^3$ 범위로 소량 검출되었던 바, 이는 원료의 정선과 세척을 위생적으로 한데 기인한다고 본다. 이들 원료는 국내외산을 막론하고 고온다습한 계절이 수확시기이며, 저장 및 수송조건과 건조방법 등에 따라 차이가 있다고 생각한다. 특히 내열성 세균의 존재는 각종 가공식품의 조미원료로서 많은 문제점을 야기할 수 있으며, 이를 해결하기 위한 과도한 열처리는 미생물학적 안전성은 달성될 수 있으나, 영양적 특성이나 기호성 등을 저하시키며, 또한 독소생성 곰팡이 및 병원 미생물의 오염은 병원학적 견지에서 중요하다고 한다.[28]

다음 수우프의 미생물오염은 제품생산업체 및 종류에 따라 다소 차이가 있으나, 그 평균치를 보면 중온성 총세균은 10^6/g, 내열성균과 곰팡이는 10^5/g, 그리고 호기성아포균은 10^4/g 정도이었으며, 대장균군은 1개업체 제품에서만 10^4/g 내외가 검출되었다. 이 결과 역시 국내에서 보고한 내용과 유사하였다.[27]

특히 라면수우프는 그 원료성분이 다양하여 식물성 및 동물성원료를 비롯하여 그 종류도 수십종에 달하기 때문에 각종 원료에서 유래될 수 있는 미생물오염원을 일일히 밝히기는 곤란하나 각종 원료의 생산, 저장, 가공과정에 따라 각각 특성적인 미생물오염이 가능하며 그 종류도 다양해 질 수 밖에 없을 것이다.

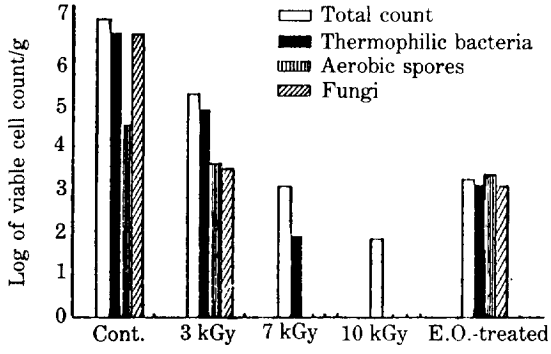

Fig.1. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora of red pepper powder.

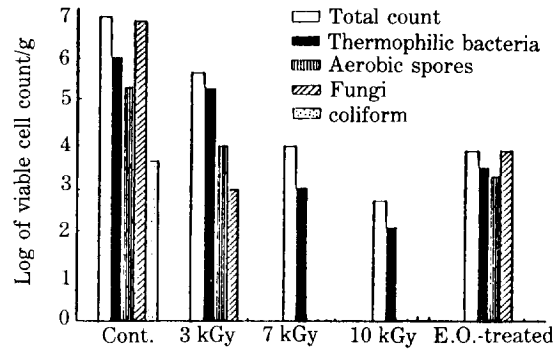

Fig.2. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora of black pepper powder.

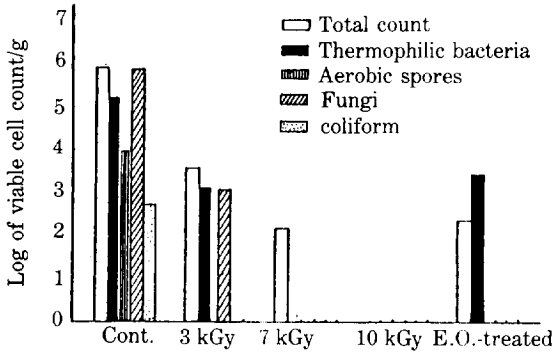

Fig.3. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora of welsh onion powder.

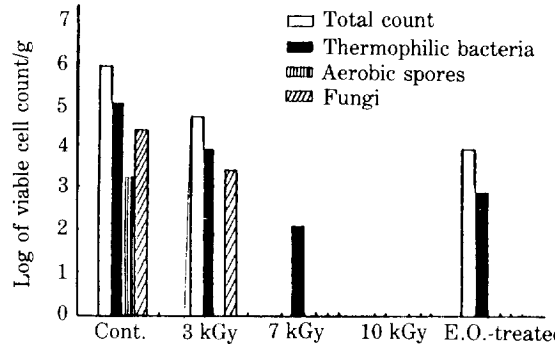

Fig.4. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora of onion powder.

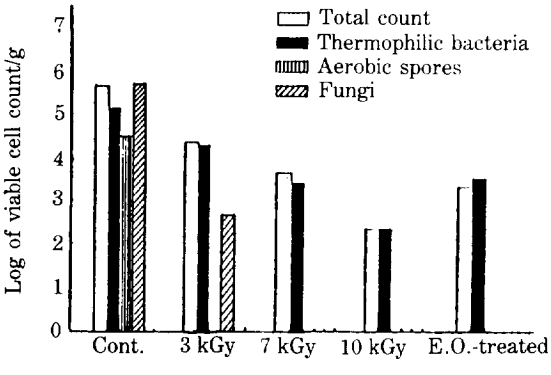

Fig.5. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora of garlic powder.

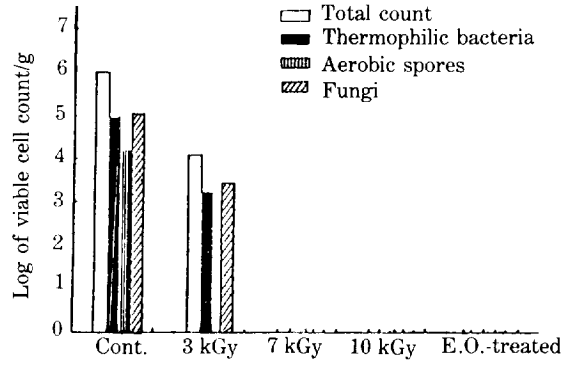

Fig.6. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora of carrot powder.

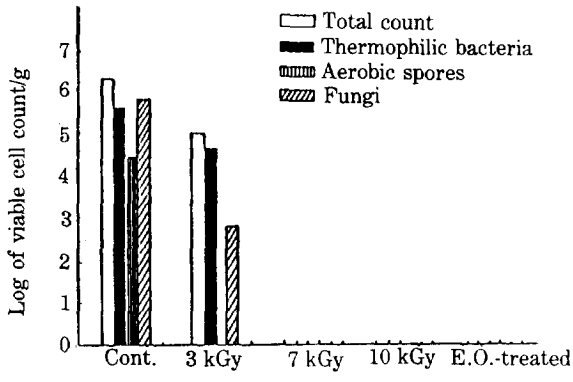

Fig.7. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora korean cabbage powder.

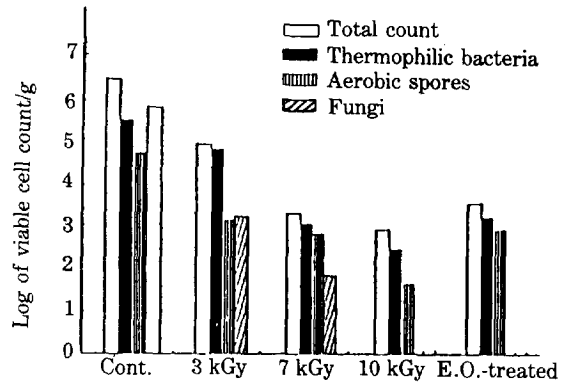

Fig.8. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide on the microflora of instant ramyon soup powder.

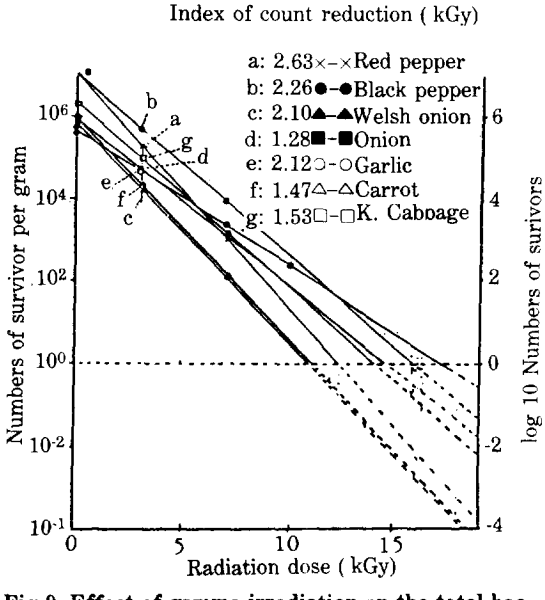

Fig.9. Effect of gamma irradiation on the total bacteria flora of various spice powders and index of bacteria count reduction.

미생물의 살균효과 비교—미생물에 대한 방사선의 살균작용은 미생물의 종류와 농도, 피조사체의 화학적 조성 및 물리적 특성, 조사 후 저장조건 등에 따라 영향을 받으며, 살균에 필요한 선량도 달라지는 바, 대개 8~20 kGy의 조사선량으로 살균이 가능하다.[28]

본 실험에서의 미생물 살균효과를 log cycle로 도시하면 Fig. 1~8과 같다. 즉 7가지의 라면수우프원료와 인스탄트수우프에 혼입된 미생물의 방사선조사 및 E.O. 가스처리에 의한 살균효과를 비교한 것이며 Fig. 9는 이들 원료 및 수우프의 총세균의 방사선 감수성을 D_{10}치(미생물을 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량)으로 나타낸 것이다.

먼저 고춧가루에서 총세균, 내열성균이 각각 9.63×10^6/g, 4.51×10^6/g이던 것이 7 kGy 조사로 3 log cycles, 호기성아포균과 곰팡이는 3 kGy 조사로서 3 log cycles 정도 감소하였고, 10 kGy 조사로서 모든 미생물이 거의 살균되었으며 대장균은 검출되지 않았다. 그러나 고춧가루의 D_{10}치는 2.63 kGy으로 가장 높았다. 후춧가루는 총세균과 내열성균이 각각 9.96×10^6/g, 9.99×10^5/g이던 것이 7 kGy 조사로 3 log cycles, 10 kGy 조사로서 2 log cycles로 감소하였고, 아포균과 곰팡이는 고춧가루와 비슷한 경향이었으며, 대장균군은 4.47×10^3/g 정도 오염되었으나 방사선 감수성이 높아 3 kGy 조사로서 완전 사멸되었다. 후춧가루의 D_{10}치는 2.26 kGy로 비교적 높았다.

파분말에서 총세균, 내열세균이 각각 6.43×10^5/g, 1.48×10^5/g이던 것이 7 kGy 조사로서 2 log cycles 이하로 감소되었으며, 곰팡이는 6.75×10^5/g이던 것이 3 kGy 조사로서 3 log cycles로 감소하였고, 호기성 아포균 및 대장균은 3 kGy 조사로서 완전 살균되었으며, D_{10}치는 2.10 kGy로 비교적 높은 편이었다.

양파분말은 총세균, 내열성세균 및 곰팡이가 각

각 8.05×10^5/g, 9.40×10^4/g, 2.25×10^4이던 것이 7 kGy 조사로서 완전 살균되거나 2 log cycles로 감소하였고, 호기성아포균은 3 kGy 조사로 완전 살균되었으며, 대장균군은 검출되지 않았다. D_{10}치는 1.28 kGy로 가장 낮았다.

마늘은 총세균, 내열성세균 각각 5.75×10^5/g, 1.19×10^5/g으로 방사선 조사에 대한 살균효과도 고추 및 후춧가루와 비슷하여 10 kGy 조사로서 2 log cycles 정도로 감소하였다. 그러나 곰팡이는 7 kGy, 호기성아포균은 3 kGy로 완전 살균되었으며, 대장균군은 검출되지 않았다. D_{10}치는 2.12 kGy로 비교적 높았다.

당근은 총세균, 내열성세균, 곰팡이가 각각 1.01×10^6/g, 8.50×10^4/g, 1.06×10^5/g이던 것이 7 kGy 조사로서, 호기성아포균은 3 kGy 조사로서 완전 살균되었으며, 대장균군은 검출되지 않았다. D_{10}치는 1.47 kGy로 비교적 낮았다.

배추는 당근과 거의 같은 추세로서 총세균, 내열성세균, 곰팡이가 각각 1.99×10^6/g, 3.85×10^5/g, 5.54×10^4/g이던 것이 7 kGy 조사로서, 호기성아포균은 3 kGy로 완전 살균되었으며, 대장균군은 역시 검출되지 않았다. D_{10}치도 유사하여 1.53 kGy이었다.

라면수우프는 원료의 다양성으로 미생물의 오염도 높을 것으로 예측되었으나, 결과는 생산공장별로 다소의 차이는 있었으나 대체로 전제품을 평균하여 보면 주원료의 미생물오염과 유사한 경향을 보였다. 즉, 총세균, 내열성세균, 호기성아포균, 곰팡이가 각각 3.74×10^6/g, 3.11×10^5/g, 5.90×10^4/g, 6.77×10^5/g이었는 바, 이 중 총세균과 내열성균은 10 kGy 조사로서 2~3 log cycles 정도로 감소하였고, 호기성아포균과 곰팡이는 7 kGy 조사로서 2 log cycles 이하로 감소되었으며, 대장균군은 3 kGy로서 완전 살균되었다.

라면수우프 원료 중 주종을 이루고 있는 건조향신 야채류 7가지의 미생물오염과 방사선 살균효과에 대한 평균치를 보면 총세균, 내열성세균은 각각 2.69×10^6/g, 9.05×10^5/g이던 것이 7 kGy 조사로 2~3 log cycles 정도로 감소하였고, 10 kGy 조사로 2 log cycles 이하로 살균되었다. 그러나 호기성아포균, 곰팡이는 3 kGy 조사로 3 log cycles 정도로 감소하였고, 7 kGy로 완전 살균되었으며, 대장균군은 후춧가루와 파에서만 7.10×10^2/g으로 소량 검출되었으나 3 kGy 조사로 완전 살균되었는 바, 이는 이들 원료의 전처리 공정이 비교적 위생적으로 취급된 결과라 사료된다.

또한 Fig. 9에서와 같이 고추, 후추, 마늘 및 파 분말에 오염된 미생물은 비교적 높은 D_{10}치를 보였는 바, 이는 이들 원료의 특성과 시료자체의 항미생물 성분의 함유 등으로 인한 방사선에 대한 저항성이 큰데에 원인이 있을 것으로 생각한다. 한편 모든 원료에서 E.O. 가스처리의 살균효과는 총세균, 내열성균, 호기성아포균 및 곰팡이의 살균이 불충분함을 알 수 있으며, 특히 고추, 후추분말의 경우 대장균군을 제외한 모든 미생물의 살균이 3 log cycles 정도 감소되는데 지나지 않았다. 또한 파, 양파 및 마늘분말의 경우 총세균과 내열성균에서 2~3 log cycles 정도의 살균효과밖에 없었다. 그러나 호기성아포균, 곰팡이 및 대장균군에서는 완전살균되었으며, 당근과 배추의 경우는 모든 미생물의 살균이 가능하였다.

수우프의 경우도 원료와 같은 경향으로서 총세균과 내열성균은 3 log cycles 정도, 호기성아포균은 2 log cycles 정도 감소되었으며, 곰팡이와 대장균군은 완전 살균되었다.

또한 모든 시료에서 3개월 저장 후의 미생물 증식정도를 방사선조사 및 E.O.처리 직후와 비교할 때 시료 개개에 따른 차이는 다소 있으나 유의성있는 차이가 없거나 현저히 감소하는 경향이었다. 이는 이들 건조향신 조미식품의 수분함량이 10% 내외(고추, 후추, 마늘 등)에서 15% 내외(파, 당근, 배추 등)의 범위의 건조상태로 미생물 증식에 좋은 조건이 되지 못하기 때문인 것으로 생각한다. 다만, 양파의 경우는 수분함량이 23% 내외이나 그 기질의 상태로 보아 2차오염이 없는 이상 미생물이 증식할 수 있는 조건이 아니기 때문인 것으로 사료된다.

그러나 아무처리도 하지 않은 원료와 수우프의 경우는 총세균과 내열성균에서 1 log cycles 정도 증가하는 경향이었고, 호기성아포균은 별 차이가 없었으며, 곰팡이와 대장균은 격감하거나 전혀 검출되지 않았다.

이상의 실험결과는 Farkas 등[2]의 paprika나 혼합조미료에 3~4 kGy 조사로 각종 미생물을 2~3 log cycles 정도 감소시킬 수 있었고, 15~20 kGy 조사로서 완전 살균시켰다는 결과와, Ito 등[30]의 향신료의 혼입미생물 불활성화 연구에서 총세균은 5~15 kGy, 내열성균은 4~10 kGy 조사로 10^3/g 이하로 격감시킬 수 있었고, 대장균군은 10 kGy 조사로 완전 살균되었다는 보고와 거의 일치하였다.

또한 polyethylene 주머니에 담아 80% R.H.와 30~35℃의 고온고습 상태에서 3개월간 저장했을 때 비조사구는 곰팡이가 상당수 증가하였으나 4 kGy 조사구는 곰팡이의 발생이 거의 없었다는 보고와도 같은 경향이었다. Farkas[2]도 paprika에 3~4 kGy 조사로서 총세균을 99~99.9% 감소시켰는데 이는 주로 무포자생성균이고 생존세균의 대부분은 포자균으로서 방사선 저항성이 높아 완전 살균을 위하여는 16~20 kGy 정도의 선량이 요구된다고 하였다. 또한 Vajdi 등[7]의 6가지 향신료의 방사선조사와 가스처리와의 살균효과 비교실험에서 15 kGy 조사는 모든 미생물이 사멸되었으나 E.O. 처리는 총세균, 내열성균 및 곰팡이의 살균이 불충분하였다고 한다.

또한 국내에서 연구조사한 여러 보고 등[31~33]의 실험결과에서도 총세균과 곰팡이는 5~7 kGy 조사로 2~3 log cycles 이상 격감시켰고, 내열성 및 호기성아포균은 7~10 kGy 조사로, 대장균군은 5 kGy 조사로 완전 사멸되었으며, 곰팡이 및 총세균의 완전 살균을 위해서는 10 kGy 이상의 선량이 요구되었다. 한편 E.O. 처리의 살균효과는 모든 시료에서 총세균, 내열성균 및 곰팡이의 살균이 불충분하다고 보고하였다.

이상과 같이 여러연구자들의 실험결과는 본 실험의 결과와 유사하였으며, 본 실험에서 사용한 7가지 건조향신 조미식품들을 국제적 오염허용기준인 10^3/g 이하로 살균하기 위하여는 Table 3에서와 같이 원료세척 등 전처리의 정도에 따라 3~7 kGy 또는 7~10 kGy 정도의 조사선량이 필요하였다.

또한 방사선조사시 이들 시료의 수분함량과 살균효과에 대한 실험에서 수분활성을 0.1~0.9 범위로 조절하여 조사 처리할 때 살균효과에 미치는 영향은 없었으며,[2] Morgan 등[34]에 의하면 방사선조사 향신료의 미생물은 내열성과 내염성이 저하되므로 3 kGy 조사한 혼합조미료를 80℃에서 10분간 서서히 가열하면 비조사구는 미생물의 감소가 없었으나, 조사구에서는 비조사구에 비해 약 80%의 감소율을 보였고, 조사된 향신료의 염분농도가 증가함에 따라서 열처리를 한 것과 열처리를 안한 것 모두 감소되었으나, 비조사구의 미생물은 염분농도의 영향을 받지 않았다. 이러한 결과보고들은 향신료의 방사선조사시 고선량에 의한 미생물의 완전살균보다도 조사 후 가공공정에서 사멸될 가능성을 고려하여 필요 조사선량을 다소 낮추어도 살균목적을 달성하는데 충분하다고 생각한다.

Table 3. Minimum required doses (kGy) to reduce microorganisms below 10^3 per gram.

Spices	Total aerobic bacteria	Spore-forming bacteria
Red pepper	7	3
Black pepper	7	7
Welsh onion	3	3
Onion	7	3
Garlic	7	7
Carrot	3	3
K. Cabbage	7	3
Soup	10	7

일반성분의 변화—건조향신 조미식품의 화학성분의 변화는 Table 4와 같다. 원료의 수분함량은 10~20% 범위로서 종류에 따라 상당한 차이가 있었다. 즉 고춧가루, 후춧가루 및 마늘분말은 10% 내외로 비교적 낮았고, 파, 당근, 및 배추분말은 15% 내외이었으며, 양파분말은 20% 이상으로 상당히 높았다. 수우프는 7% 내외로 가장 낮은 수분함량이었다.

방사선조사와 E.O.가스처리구에 따른 수분함량의 변화는 대체로 유의있는 차이가 없었으나 비교적 수분함량이 높은 양파 및 배추분말은 처리 정도와 방법에 따라 많이 감소하는 경향이었으며, 저장 3개월 후에 있어서의 변화는 마늘분말이 가장

Table 4. Comparative effects of gamma irradiation ethylene oxide fumigation on the chemical component of instant ramyon spice powders during storage.

Contents / Treatments / Spices	Moisture (%)					Ash (%)					Carbohydrate (mg/g)					Vitamin C (mg/g)				
	Cont.	Gamma irradiation			E.O.	Cont.	Gamma irradiation			E.O.	Cont.	Gamma irradiation			E.O.	Cont.	Gamma irradiation			E.O.
		3kGy	7kGy	10kGy			3kGy	7kGy	10kGy			3kGy	7kGy	10kGy			3kGy	7kGy	10kGy	
Red pepper	12.63	12.09	12.66	13.31	12.68	5.43	5.55	5.47	5.47	5.40	227.94	229.63	213.60	201.83	225.40	0.46	0.46	0.42	0.41	0.42
	(11.83)	(10.86)	(11.46)	(11.44)	(11.78)	(5.38)	(5.21)	(5.42)	(5.45)	(5.13)	(238.83)	(237.37)	(226.15)	(217.50)	(197.67)	(0.45)	(0.43)	(0.39)	(0.36)	(0.34)
Black pepper	11.13	11.35	9.75	10.52	11.15	4.10	4.37	4.50	4.55	4.45	438.65	363.26	434.11	283.56	308.08	0.32	0.34	0.32	0.35	0.24
	(10.95)	(9.85)	(8.38)	(9.92)	(10.10)	(4.56)	(4.52)	(4.43)	(4.42)	(4.19)	(376.41)	(367.75)	(392.93)	(272.95)	(229.62)	(0.28)	(0.27)	(0.27)	(0.27)	(0.22)
Welsh onion	14.77	14.78	14.03	14.10	14.78	6.95	6.80	7.33	7.09	7.04	440.05	366.64	364.58	373.48	352.24	0.72	0.72	0.58	0.62	0.59
	(14.46)	(13.48)	(13.27)	(14.51)	(14.24)	(7.01)	(7.19)	(7.42)	(6.70)	(7.19)	(427.20)	(370.93)	(364.41)	(370.81)	(356.30)	(0.59)	(0.61)	(0.40)	(0.48)	(0.43)
Onion	23.51	24.98	18.96	18.59	20.15	3.75	3.76	3.76	3.90	3.63	1,024.72	1,180.26	1,026.56	1,054.17	1,260.40	26.00	14.80	3.40	3.60	6.20
	(23.45)	(20.68)	(17.39)	(16.27)	(18.96)	(3.89)	(3.79)	(3.74)	(3.64)	(3.74)	(1,085.18)	(1,145.00)	(1,099.55)	(1,148.25)	(1,130.19)	(12.03)	(7.13)	(2.37)	(2.74)	(4.20)
Garlic	13.60	13.72	11.23	11.08	10.69	2.92	3.14	3.54	3.40	3.08	1,068.28	1,080.44	1,006.74	982.19	1,066.80	29.2	3.10	2.00	2.00	7.20
	(9.65)	(8.70)	(9.13)	(8.74)	(10.35)	(3.41)	(3.15)	(3.65)	(3.07)	(3.21)	(1,084.28)	(1,080.30)	(997.71)	(1,009.11)	(978.33)	(12.33)	(1.36)	(1.02)	(1.09)	(0.60)
Carrot	16.12	16.87	14.43	14.75	15.27	6.68	6.68	6.45	6.11	6.54	820.87	802.74	784.90	765.96	754.29	0.96	0.58	0.46	0.46	0.54
	(15.52)	(15.20)	(14.65)	(14.46)	(15.21)	(6.71)	(6.77)	(6.54)	(6.03)	(6.22)	(817.17)	(787.05)	(795.42)	(750.32)	(730.71)	(0.96)	(0.57)	(0.44)	(0.44)	(0.42)
K. cabbag	16.86	16.13	11.50	12.62	15.40	3.85	4.31	3.84	4.44	4.21	402.62	383.79	397.74	298.91	308.08	0.67	0.55	0.54	0.43	0.51
	(16.05)	(12.55)	(10.88)	(11.50)	(13.17)	(4.58)	(4.17)	(4.24)	(4.18)	(4.28)	(403.81)	(354.09)	(360.11)	(272.95)	(211.87)	(0.56)	(0.49)	(0.46)	(0.36)	(0.42)
Soups	7.38	6.24	5.04	5.85	6.80	43.28	43.47	43.54	44.25	44.35	318.31	295.43	275.30	261.91	277.14	0.31	0.30	0.29	0.24	0.27
	(7.32)	(5.97)	(5.37)	(5.86)	(6.42)	(45.87)	(44.48)	(44.17)	(43.47)	(44.13)	(323.01)	(298.09)	(277.99)	(262.31)	(248.75)	(0.30)	(0.29)	(0.28)	(0.25)	(0.24)

*Number in parenthesis designates the value after three month storage at room temperature

심하게 감소하였다.

회분함량은 원료성분에 따라 3~7%로 차이가 있었으며 처리조건이나 저장 후의 변화는 찾아 볼 수 없었다. 수우프는 각종 원료가 혼합된 상태로서 40~45%의 회분을 함유하고 있었다.

전당분의 함량은 원료의 종류, 조사선량과 E.O. 처리 및 저장기간에 따라 증감이 심한 것도 있고, 별 변화가 없는 것도 있는 등 차이가 있었다.

대체로 파 및 마늘분말은 큰 변화가 없었으며, 고춧가루, 후춧가루, 파, 당근, 및 배추분말, 수우프는 방사선조사량이 증가될수록 그 함량이 현저히 감소하였으며, E.O. 가스처리의 경우도 같은 경향이었다.

비타민 C의 함량도 전당분과 같은 경향으로서 조사선량과 저장기간의 경과에 따라 약간씩 증감되었으며, 특히 양파 및 마늘분말은 현저히 감소하였고 당근, 파 및 배추분말도 상당량 감소하였다. 이와 같은 감소현상은 E.O. 처리구에 더 심하였다.

이상의 결과들은 Bachman 등,[35] Vajdi 등,[7] Galetto 등[36]과 국내의 변 등[32,33]의 보고와 거의 일치하였다. 즉 Bachman 등은 향신료의 정유와 지질성분 및 당분은 5~15 kGy 조사에서도 안전하였다고하였고, Galetto 등도 양파분말의 화학성분은 9 kGy 조사에서 큰 영향을 받지 않았다고 보고한 바 있다. 또한 Vajdi 등의 후춧가루에 감마선 조사와 E.O. 가스처리한 것과의 비교실험에서 감마선 조사구는 비조사구에 비하여 휘발성 또는 비휘발성 성분에 별 영향이 없었으나, 가스 처리구는 휘발성 정유성분량이 50% 이상 감소를 보고하였다. 따라서 건조향신조미식품의 방사선 살균법은 재래식 살균법인 E.O. 가스처리 방법보다 품질변화를 줄일 수 있을 것으로 생각한다.

고추가루 및 후춧가루의 추출색소 함량변화—고춧가루의 품질은 신미성분 외에도 외관, 즉 적색소의 함량에 따라 주로 평가되고 있는 바, 추출색소 중 capsanthin의 함량에 미치는 영향을 조사한 바 Table 5과 같다.

살균처리 후 capsanthin의 함량은 조사선량의 증가와 E.O. 처리로 다소 감소되었고, 저장 3개월 후에는 전반적으로 함량이 낮아졌다. 이는 고추의 건조, 가공 및 저장 중 각종 요인에 의하여 색소의 변화는 손실이 발생된다는 보고들이 있다.[37,38] 즉 Capsicum 계 색소에 대한 방사선조사의 영향에서 이 등[21]은 고춧가루에 10 kGy 조사하였을 때 capsanthin 함량은 거의 변화되지 않았으며, Farkas 등[2,39]도 고추 및 paprika의 carotenoid 계 색소는 시료의 살균선량에서는 비교적 안전하다는 보고와 본 실험결과는 일치하고 있다.

후추의 신미성분은 alkaloid계의 piperine과 그 이성체인 chavicine으로 알려져 있다. Table 5은 살균처리가 시료의 piperine 함량에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 3개월 저장 후 조사선량에 따라 차이는 있으나 15~30% 정도 감소되었으며, 방사선조사와 E.O. 처리에 따른 유의적인 차이는 없었다. Tosimovic[40]은 후추의 신미성분인 piperine은 방사선에 대한 저항성이 매우 커서 10 kGy 조사로도 안전하나 건조, 가공 및 저장기간 중의 함량감소는 신미성분 자체의 파괴 및 분해는 물론, 신미성이 강한 piperine이 신미성이 약한 이성체들로 전환됨에 따라 후추 고유의 품질이 저하된다는 보고들과 본 실험결과와는 유사한 경향

Table 5. Effect of gamma irrdiation and ethylene oxide fumigation on the acetone souble pigment of red and black pepper powder during storage.

Treatments / Spices	Capsanthin					Piperine (mg/g)				
	Raw.	3 kGy	7 kGy	10 kGy	E.O.	Raw.	3 kGy	7 kGy	10 kGy	E.O.
Red pepper	0.83 (0.72)*	0.71 (0.67)	0.67 (0.62)	0.68 (0.60)	0.61 (0.52)	– –	– –	– –	– –	– –
Black pepper	0.16 (0.15)	0.13 (0.11)	0.12 (0.08)	0.08 (0.08)	0.12 (0.08)	72 (61)	72 (59)	62 (48)	58 (40)	59 (43)

* Number in parenthesis designates the value of the three month storage at room temperature.

Table 6. Effect of gamma irradiation and ethylene oxide fumigation on the Pyruvic acid of spice powders during storage.

Treatments / Spices	Raw.	Pyruvic acid (μg/g)			E.O.
		3 kGy	7 kGy	10 kGy	
Garlic	32.5	32.2	30.5	30.5	30.3
	(31.8)*	(31.6)	(31.5)	(30.8)	(31.1)
Onion	12.3	12.0	11.7	10.5	10.5
	(12.0)	(11.6)	(11.5)	(11.4)	(11.0)
Welsh onion	14.3	14.0	13.8	13.5	12.8
	(14.8)	(14.5)	(14.3)	(14.2)	(13.4)

* Number in parenthesis designates the value after three month storage at room temperature.

이었다.

Pyruvic acid의 함량변화—파, 양파 및 마늘 등 Allium속 식물들의 향미성분은 주로 휘발성 황화물에 기인하는 것으로서, 이는 그 전구물질인 alliin의 분해과정에서 형성된 것으로 알려지고 있으며, alliin은 효소(alliinase)의 작용으로 생성된 allicin, 즉 diallyl thiosulfinate는 flavor의 1차산물로서 매우 불안전하기 때문에 곧 비효소적 반응으로 thiosulfonate와 diallyl disulfide 등 flavor의 2차산물로 분해되면서 마늘 특유의 flavor를 생성하게 된다.[41,42]

Table 6에서와 같이 시료의 최초 pyruvic acid의 함량은 저장 후 점차 감소하였고 처리방법과 조사선량간에는 약간의 차이가 있었는데 이는 고선량 조사에 의한 전구물질 즉 alliin의 분해나 그 분해효소의 작용이 부분적으로 저해되었기 때문이라 추측된다. 그러나 저장 3개월 후의 함량은 조사선량간이나 E.O. 처리구간에 거의 차이가 나타나지 않아 향미 강도에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 생각한다.

이들 식품의 향미 강도는 개체의 성숙도, 부위, 저장조건 및 가공방법에 따라 달라지며, 건조분말로 만든 경우는 저장방법에 따라 flavor의 손실량이 다르겠지만, 대부분 50% 이상의 양이 감소된다고 하며, 진공건조와 동결건조법이 비교적 효과적이라 한다.[37,42] Bachman[35] 등은 12종류의 향신료에 대한 향미변화를 일으키는 조사선량을 구하였으며, 휘발성 및 비휘발성 성분의 변화에 있어서 방사선 조사구에서는 비조사구와 큰 변화가 없었으나 가스 처리한 것에서는 상당한 감소를 보였다고 한다.

Table 7. Results of sensory evaluation for selected ground spices treated with gamma irradiation and ethylene oxide by rank-order test.

Spices	Control	Treatments	
		10 kGy	E.O.
Red pepper**	3.40	1.70	-5.10
Black pepper**	3.40	1.70	-5.10
Onion**	3.40	3.40	-6.80
Garlic*	2.55	1.70	-4.25
Ginger**	4.25	1.70	-5.95
Soup	1.70	1.70	-3.40

**: $p<0.01$, *: $p<0.05$

관능적 품질평가—건조향신 조미식품은 각각 독특한 풍미와 색도를 갖고 있어서 살균처리시 어떤 영향을 받는가는 품질관리면에서 중요하다.

본 실험에서는 5종의 수우프원료와 1종의 가공수우프를 시료로 하여 무처리구인 대조구, 이들 시료의 완전살균선량이라 할 수 있는 10 kGy 방사선 조사구 및 E.O. 가스 처리구와의 풍미, 색도 등 관능적 기호성을 측정하였다. Table 7에서와 같이 대조구, 방사선 조사구, E.O. 가스 처리구의 순으로 선호도를 보였고, 순위 data의 환산표에 따라 +0.85, 0, −0.85 수치로 환산하여 분산분석을 실시한 결과, 고추와 후춧가루, 양파 및 생강분말은 $p<0.01$, 마늘분말은 $p<0.05$의 수준으로 유의차가 뚜렷하였으나, 라면 수우프는 유의성이 인정되지 않았다. 여기서 유의성이 인정된 각 시료의 처리구별 유의차를 검정하기 위하여 Duncan's test를 실시한 결과 고추 및 후춧가루, 양파와 생강분말에서 대조구와 방사선 조사구는 E.O. 가스처리구와 $p<0.01$ 수준에서, 마늘분말은 $p<0.05$ 수준에서 유의차가 인정되었으며, 대조구와 방사선 조사구간에는 유의적 차이가 인정되지 않았다. 즉 대조구와 방사선 조사구는 E.O. 처리구보다 일반적으로 기호성이 더 좋은 것으로 인정되며, 대조구와 방사선 조사구 간에는 뚜렷한 기

Table 8. Effect of gamma irradiation and ethylene oxide fumigation on the Hunter's color values of spices.

Spices	L			a			b			ΔE	
	cont.	10 kGy	E.O.	cont.	10 kGy	E.O.	cont.	10 kGy	E.O.	10 kGy	E.O.
Red peper	33.11	33.66	32.24	22.12	21.57	21.37	18.61	18.58	18.19	3.95	1.22
Black pepper	38.82	38.42	38.44	2.42	2.36	2.25	10.03	9.85	9.72	0.44	0.52
Onion	70.39	70.99	63.71	- 0.11	- 0.09	- 1.45	24.86	25.58	26.18	0.94	6.99
Garlic	77.78	77.57	73.45	1.36	1.52	1.73	17.88	19.85	20.75	1.99	5.21
Ginger	57.77	58.47	58.14	2.32	2.53	2.46	20.75	20.80	21.25	0.73	0.64

L: Degree of lightness (white + 100↔0 black)
a: Degree of redness (red + 100↔0↔80 green)
b: Degree of yellowness (yellow + 70↔0↔80 blue)
Δ E: Color differnce value

호성의 차이가 없음을 알 수 있다.

이와 같은 관능적 평가결과는 Table 8에서 비슷한 추세를 보이고 있다. 즉 분말의 색도 변화에서 방사선 조사구는 대조구와 약간의 차이는 보였으나 육안적인 식별은 곤란하였다. 이에 반하여 E.O. 처리구는 명도(L)가 떨어지는 대신 적색도(a) 및 황색도(b)는 상당히 증가되었으며, 육안적으로 갈변현상을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 Vajdi 등[7]의 보고와 일치하였으며, 독일에서 1985년 ethylene oxide의 사용금지와 방사선 살균의 실용화를 위한 연구결과[43]와도 같은 경향이었다. 즉 향신료 각 품목별에 대한 방사선조사가 풍미 및 관능적 변화에 있어서 혼합조미료(수우프)에 대한 조사의 경우보다 안전하다고 하였다. 이는 본 실험의 결과에서도 인정할 수 있었으며, 따라서 방사선조사에 의한 살균처리가 E.O.가스에 의한 훈증처리 보다 관능적 품질평가에서도 우수함을 알 수 있다.

국문요약

건조향신 조미식품의 품질보존을 위한 효과적인 살균처리방법을 비교하기 위하여 현행 처리법인 ethylene oxide 가스에 의한 훈증처리법과 새로이 도입된 감마선에 의한 방사선조사법에 의한 오염 미생물의 살균효과와 이화학적 성분 및 관능적 품질에 미치는 영향을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 향신조미료의 원료 및 라면수우프의 미생물오염은 시료 및 미생물의 종류에 따라 차이는 있지만 평균 10^4~10^6/g 범위였으며, 대장균은 후추 및 파분말에서만 10^2~10^3/g 정도는 검출되었다.
2) 오염된 미생물의 살균효과는 ethylene oxide 가스 처리로서도 10^3/g 수준까지 감소시킬 수 있었으나, 방사선 조사처리구는 7~10 kGy 조사로서 거의 완전 살균이 가능하였다.
3) 이화학적 성분함량에서 수분, 회분은 처리방법에 따라 크게 변화하지 않았고, 전당분 및 비타민 C도 종류에 따라 차이는 있으나 대체로 감소하였다.
4) 고추 및 후춧가루의 capsanthin 및 piperine의 함량변화는 처리 정도와 저장기간에 따라 전반적으로 감소하였으며, 마늘, 양파 및 파의 pyruvic acid의 함량도 같은 경향이었다.
5) 관능적 기호성 조사에서 무처리구, 방사선 조사구, E.O. 가스 처리구 순으로 선호도를 보였고, 색도 변화는 무처리구와 방사선 조사구와는 약간의 차이가 보였으나 ethylene oxide 처리구와는 많은 차이가 있었다.

이상의 결과로 볼 때 현행 살균법인 ethylene oxide 가스 처리법보다 방사선조사 살균법을 이용하여 처리함이 품질의 향상과 보존성을 높이는데 효과적인 방법이라 사료된다.

참고문헌

1. Farkas, J.: Radurization and radicidation of spices, in Aspects of the Introduction of Food Irradiation in Developing Countries, IAEA-PL-518/6, 43 (1973).
2. Farkas, J., Beczner, J., Icze, K.: Feasibility of irradiation of spices with special reference to paprika, in Radiation Preservation of Food, IAEA-SM-166/66, 389 (1973).
3. Powers, E.M., Latt, T.G., and Brown, T.: Incidence and levels of Bacillus cereus in processed spices, *J. Milk Food Technol.*, **39**(10), 668 (1976).
4. Strong, D.H., Canada, J.C., and Griffiths, B.: Incidence of *clostridium perfringens in American Foods, Appl. Microbiol.* II. 42 (1963).
5. Thiessen, F.: Behaviour of natural spices and spice extracts when subjected to heat, *Fleschwrit-schaft*, **50**(6), 813 (1970).
6. Thiessen, F. and Scheide, J.: Heat sensibility of natural spices and spice essences, *Fleschwirtschaft*, **50**(3), 317 (1970).
7. Vajdi, M. and Pereira, N.N.: Comparative effects of ethlene oxide, gamma irradiation and microwave treatment of selected spices, *J. Food Sci.*, **38**(5), 893 (1973).
8. Wesley, F., Rourke, B., and Darbishire, O.,: The formation of persistent toxic chlorohydris in foodstuffs by fumigation with ethylene oxide and with propylene oxide, *J. Food Sci.*, **30**, 1037 (1965).
9. Kroller, E.: Untersuchungen zur Begasung von Lebensmitteln mit Athylenoxyd und zu dessen Restmenger-Bestimmung, Dtsche Lebensm, -Rundsch., **102**, 227 (1966).
10. Scudamore, K.A, and Heuser, S.G.: Ethylene oxide and its persistant reaction products in wheat flour and other commodities, Residues from fumigation or sterilization and effect processing, *Pest. Sci.*, **2**(2), 80 (1971).
11. 한국식품공업협회 : 식품 첨가물공전, 227(1985).
12. Kawabata, T.: Proceeding of FAO/IAEA Research Coordination Meeting on Asian Regional Cooperative Project on Food Irradiation, Bangkok (1982).
13. Pruthi, J.S.: Spices and condiments, Academic Press, Inc., New York, 309 (1980).
14. World Health Organization: Wholesomeness of Irradiated Food, WHO Technical Report Series 659, Geneva (1981).
15. Department of Health and Human Sevices: FDA22 CFR Part 179, Federal Register, 48, 30613, July 5 (1983).
16. Department of Health and Human Services: FDA Federal Register, 49, 5714, Feb. 14 (1984).
17. 보건사회부 : 식품공전, 33(1988).
18. APHA: Standard Methods for the Examination of Dairy Products, 14th ed., American Public Health Association (1978).
19. Elmer, W.K., Stephen, D.A., Dowell, V.R., Herbert, M.S.: Diagnostic Microbiology, 3rd ed., J.B. Lippicott Co. (1988).
20. AOAC: Official Methods of Analysis, 13th ed., Washington, D.C. (1980).
21. Osborne, D.R. and Voogt, P.: Carbohydrates, In the Analysis of Nuruients in Foods, Academic Press Inc., 130 (1981).
22. 日本 藥學會 : 衛生試驗法解說(上), 南山堂, 82(1976).
23. Chen, S.L. and Gutmanis, F: *J. Food Sci.*, **33**, 274 (1968).
24. Schwimmer, S. and Guadagni D.G.: *J. Food Sci.*, **27**, 94 (1962).
25. Kohara: Hand Book of Food Analysis, Kenpakusha, Japan (1977).
26. 이철호 등 : 식품공업품질관리론, 유림문화사 (1982).
27. 조한옥, 권중호, 변명우, 양재승, 김영재 : Ethylene oxide 처리와 gamma선 조사가 건조농산물의 품질에 미치는 영향, 식품위생학회지 **1**(2), 133(1986).
28. Josephson, E.S., and Peterson, M.S.: Preservation of Food by Ionizing Radiation, CRC Press Inc., U.S.A. (1982).
29. Silberstein, O., Galetto. W. and Henzi, W.: *J. Food Sci.*, **44**, 975 (1979).

30. Ito, H., Watanabe, H. Bagiawati, S., Muhamad, L.J. and Tamura, N.: IAEA-SM-271, 110 (1985).
31. 권중호, 변명우, 조한옥 : 한국영양식량학회지, **13**, 188(1984).
32. 변명우, 권중호, 조한옥 : 한국식품과학회지, **16**, 139(1984).
33. 변명우, 권중호, 조한옥 : 한국식품과학회지, **16**, 47(1984).
34. Morgan, B.M. and Reed, J.M., Resistance of bacterial spores to gamma irradiation, *Food Res.*, **19**, 357 (1954).
35. Bachman, S. and Gieszczynska, J.: Studies of some microbiological and chemical aspects of irradiated spices, IAEA, Vienna, 33 (1973).
36. Galetto, W., Kahan, J., Eiss, M. and Welbourn, J.: *J. Food Sci.*, **44**, 591 (1979)
37. Liese, J.G. and Lease, E.J.: *Food Technol.*, **10**, 368 (1956).
38. Liese, J.G. and Lease, E.J.: *Food Technol.*, **16**, 104 (1962).
39. Farkas, J., Kiss I, and Andrassy, E.: Food irradiation, IAEA-SM-73/601, 601 (1966).
40. Josimovic, L: *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **34**, 787 (1983).
41. Kim, K.H. and Chun, J.K.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **7**, 69 (1975).
42. Lee, J.H., Choi, O.H., Kim, H.S. and Lee, S.R.: *Korean J. Food Sci.*, **9**, 199 (1977).
43. Wetzel, K., Heubner, G. and Baer. M.: International Symposium on Food Irradiation Processing, Washington, D.C. U.S.A., IAEA-SM-271/16 (1985).