J. KOREAN SOC. FOOD NUTR.
13(2) 188~192 (1984)

고추가루의 殺菌을 위한 γ-線 照射效果

權 重 浩 · 邊 明 宇 · 趙 漢 玉

韓國에너지硏究所
(1984년 2월 22일 접수)

Effect of Gamma Irradiation on the Sterilization of Red Pepper Powder

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun and Han-Ok Cho

Korea Advanced Energy Research Institute
(*Received February* 22, 1984)

Abstract

In order to investigate the hygienic status of commercial red pepper powder, one sample was directly prepared from raw red pepper which was purchased at market and the other one was a commercial red pepper powder. They were used for the investigation upon the status of microbial contamination, effect of irradiation for sterilization and physicochemical changes during 3 months of storage. Total bacterial counts of commercial red pepper powders were 3.83 to 6.68×10^6 per gram and coliform group was shown to be positive in some products. Total bacteria and coliform group were sterilized by the irradiation of 9 kGy and 3 kGy, respectively and no microorganisms were grown up until 3 months of storage at room temperature. The D_{10} values of total viable bacteria in red pepper powders were 1.52 to 1.58 kGy. Chemical components such as moisture, total and reducing sugars were slightly decreased during the storage period. The contents of capsanthin and capsaicin were partly affected by the high dose irradiation but the difference between unirradiated and irradiated groups was diminished with the elapse of storage period.

서 론

고추가루의 품질은 辛味성분(capsaicin) 보다는 외관 즉 적색소(capsanthin)의 함량에 따라 주로 평가되고 있으며, 최근 소비 패턴은 수확된 고추를 여러 형태의 건조 및 가공 공정에 의해 분말 제품화하여 직접 식용하거나 혼합 향신료의 원료로 이용되고 있다[1,2]. 고추의 건조 방법은 보통 일주일 정도를 요하는 일광 건조에 의존되어 왔으나 기후 조건이 나쁘면 건조가 지연되어 부패와 변질을 초래하게 되며, 특히 최근 생산 농가에서는 연탄 화력을 이용한 단기간의 건조 방법을 많이 이용하고 있기 때문에 건조 고추의 품질이나 위생적인 측면에서 볼 때 많은 문제점을 내포하고 있다. 우리 국민의 고추가루에 대한 위생 관념은 매우 희박하여 가공시 대부분이 세척하지 않고 분쇄하며, 특히 50% 이상의 부패 고추를 혼합 식용하고 있다고 밝혀지고있다[2]. 이와 같이 건조 및 가공 과정에서 미생물의 오염 가능성이 높을 뿐 아니라 유통 및 저장중에 오염되거나 증식된 각종 미생물의 효과적인 제거는 식품 공업에서 매우 중요하게 대두

되고 있으며, 이에 대한 연구가 많이 수행되었다. 장 등[3], Daoud 등[4], 김 등[5]은 포장 재료 및 저장 조건에 따른 품질 보존 효과를 검토하였고, 전 등[6]은 상대 습도와 건조 방법이 저장중 흡습 속도에 미치는 영향에 대하여 연구한 바 있다. 또한 고추 및 고추가루의 미생물과 해충 방제를 위하여 ethylene oxide나 propylene oxide 등의 훈증제가 사용되고 있으나[7] 효과의 불충분, 제품의 품질 저하, 약제 성분의 잔류 등 문제점이 많아 점차 사용이 금지되고 있는 실정에 있다[8]. 그러나 방사선이 식품 공업에 널리 이용됨에 따라 Farkas 등[9,10], Vajdi 등[11], Bachman 등[12]은 수종의 채소류 향신료의 살균을 위한 비교 연구에서 γ-선 照射는 steam 처리, 훈증제, 자외선 조사, 초단파 처리등의 방법보다 살균 효과는 물론 식품의 품질과 건전성 실험에서도 훨씬 우수하였다고 보고한 바 있고, 이 등[13]도 고추가루의 저장에 대한 방사선 처리의 효과를 부분적으로 검토한 바 있다. 따라서 본 실험에서는 최근 향신료의 살균을 위하여 FDA 등에서 권장하고 있는 10 kGy(1Gy=1 joule/kg) 이하[14,15]의 γ-선을 이용하여 현재 유통상 미생물의 오염도가 높을 것으로 예상되는 고추가루 제품을 대상으로 미생물의 오염 정도와 γ-선 살균 선량 및 품질에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 시료(Ⅰ)은 K시장의 노점에서 구입한 중품 통 고추(1982년 수확)를 꼭지와 종자를 제거한 뒤 시장내에 있는 고추 방앗간에서 분말화한 후 polyethylene film(0.03 mm)으로 200 g씩 포장하였으며, 시료(Ⅱ)는 제조일로 부터 2개월이 경과된 T식품(주)의 일반 소비자용 200 g polyethylene 포장 제품을 수퍼마켙에서 구입하여 γ-선 照射 시료로 사용하였다.

2. γ-선 조사 및 저장

시료(Ⅰ),(Ⅱ)는 한국에너지연구소 내 10 kCi ^{60}Co γ-선원을 이용하여 시간당 250 Gy의 선량율로 3, 6 및 9 kGy를 조사시켰으며, 照射된 시료는 非照射 시료와 함께 실온(10~25 °C)에서 3개월간 저장하면서 실험에 사용하였으며, 이화학적 성분 분석에는 시료(Ⅰ)만을 대상으로 하였다.

3. 미생물 검사

저장 후 45일 간격으로 일반 세균은 APHA standard method[16]로 대장균군은 desoxycholate agar를 사용한 plate count method[17]로 각각 측정하였다.

4. 이화학적 특성 조사

1) 일반 성분

수분 함량은 상법[18]에 의하였고, 전당과 환원당은 Somogyi 변법[19]에 따라 정량하였다.

2) Capsanthin

Chen 등의 방법[20]에 따라 시료 0.5 g에 acetone 25 ml를 가하여 실온에서 3.5시간 진탕 추출, 여과하고 50 ml로 정용한 다음 추출 액을 1 : 5로 희석하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다.

3) Capsaicin

Trejo-Gonzalez 등의 방법[21]에 준하여 soxhlet 장치를 이용하여 시료 일정량을 isopropanol로 추출하고 추출 액에 active charcoal을 넣어 3분간 자비시킨 다음 여과 농축하였으며, 농축된 액을 petroleum ether에 녹여 수세시킨 뒤 ether층만 모아 다시 농축하고, isopropanol로 희석하여 281 nm에서 표준품 capsaicin의 표준 곡선에 따라 비색 정량 하였다.

결과 및 고찰

1. 미생물의 오염도 및 γ-선 살균효과

고추가루는 건조, 가공 및 유통 과정에서 비위생적으로 취급되므로 미생물의 오염도가 높을 것으로 생각되어 시장에서 고추를 직접 구입, 마쇄한 시료(Ⅰ)과 이미 분말화된 시판 제품인 시료(Ⅱ)의 미생물 오염도를 측정해 본 결과, Table 1 및 2와 같이 시료(Ⅰ)은 g당 3.83×10^6, 시료(Ⅱ)는 g당 6.68×10^6으로 두 시료 모두 오염도가 매우 높게 나타났으며, 시료간에도 상당한 차이를 보였고, 대장균군에 있어서는 시료(Ⅰ)은 음성이었으나 시료(Ⅱ)에서는 양성으로 나타났다. 이 등[13]은 고추가루 1 g 당 1.05×10^8의 호기성 세균과 1.86×10^4의 곰팡이가 서식하였다고 보고한 바 있는데 이와 같은 결과는 시료간의 차이도 있지만 고추의 건조 방법이 일광 건조에서 최근에는 화력 건조로 점차 바뀌감에 따라 미생물의 수가 줄어 들었다고 생각된다. 고추가루에 대한 미생물 규격은 아직 없으나 매우 비위생적인 상태에서 식용

Table 1. Effects of irradiation on the growth of microorganisms in red pepper powder during storage (Sample Ⅰ) (Unit: Count/g)

Storage period (Month)	0		1½		3	
Dose(kGy)	Total bac.	Coliform	Total bac.	Coliform	Total bac.	Coliform
0	3.83×10^6	—	3.10×10^6	—	3.75×10^6	—
3	4.80×10^4	—	4.65×10^4	—	3.15×10^4	—
6	2.30×10^3	—	1.90×10^3	—	1.00×10^3	—
9	—	—	—	—	—	—

— ; Negative

Table 2. Effects of irradiation on the growth of microorganisms in red pepper powder during storage (Sample Ⅱ) (Unit: Count/g)

Storage period(Month)	0		1½		3	
Dose(kGy)	Total bac.	Coliform	Total bac.	Coliform	Total bac.	Coliform
0	6.68×10^6	+	6.73×10^6	+	6.70×10^6	+
3	7.03×10^4	—	6.50×10^4	—	5.65×10^4	—
6	5.40×10^3	—	4.80×10^3	—	5.00×10^3	—
9	—	—	—	—	—	—

+ ; Positive — ; Negative

되거나 가공 원료로 이용되고 있기 때문에 제품의 품질 향상을 위해서는 미생물의 오염도를 줄이는 것이 바람직하다. 한편 γ-선 조사에 의한 살균 효과에 있어서 3 kGy 조사는 2 log cycle 만큼, 6 kGy 조사에서는 약 절반 정도의 미생물 수가 격감되었으며, 9 kGy 조사구에서는 미생물이 전혀 검출되지 않았다. 또한 대장균 군은 일반 세균보다 방사선 감수성이 높아[22] 3 kGy 조사에서도 음성을 나타내었으며, 저장기간의 경과에 따른 미생물의 생육 상태를 보면 3 및 6 kGy 조사구에서 다소 감소 현상을 보였는데 이는 γ-선 조사로 손상된 세균이 저장 기간의 경과에 따른 시료의 수분활성 저하로 생육이 억제된 것으로 보여지며, 9 kGy 조사구에서는 3개월 저장 후에도 미생물의 생육은 전혀 없었다. 또한 Fig. 1은 미생물을 90% 사멸시키는데 필요한 照射線量 즉 D_{10} 값 (Decimal reduction dose)을 나타낸 것으로서 본 실험에 사용된 시료(Ⅰ)과 (Ⅱ)의 D_{10} 값은 1.58과 1.52 kGy로 나타나 이 등[13]이 보고한 2.10 kGy 보다 낮은 값을 보였다. 미생물의 방사선 저항성은 미생물의 종류, 농도, 매개체의 화학적 조성 및 물리적 상태, 照射時의 환경과 조사 후 저장 조건등에 따라 달라지는 것으로서[23] Farkas 등[9]은 papria나 혼합 향신료에 15~20 kGy 조사로서 완전 살균이 가능하였다고 하였고, Vajdi 등[11]도 6종류의 향신료에 γ-선을 조사하였을 때 전 생균수는 g당 10^4~10^7인 것을 14 kGy 로서, 내열성 균은 10^2~10^5인 것을 10 kGy로서, 호기성 아포균은 10^3~10^6인 것을 4 kGy 조사로서 거의 완전 살균 시킬 수 있었다고 보고하여 본 실험의 살균 선량과 거의 유사한 결과를 보여 주었으며, 따라서 국제적으로 건전성이 인정된 10 kGy

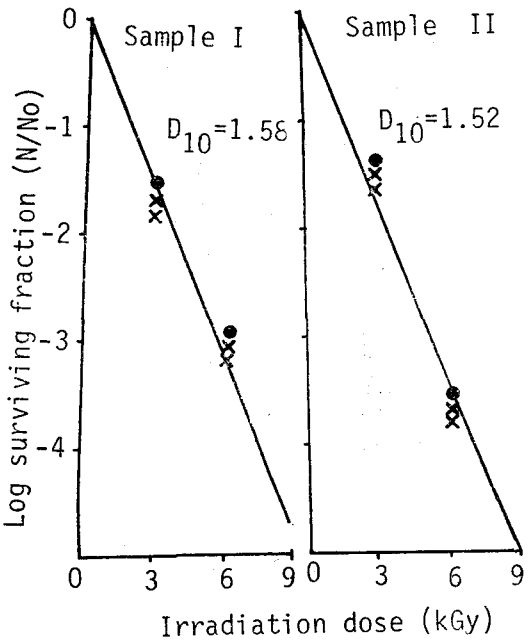

Fig. 1. Surviving fraction of total bacteria of red pepper powder by irradiation.

이하의 선량에서 고추가루의 일반 세균 및 대장균 군을 감균 또는 살균시킬 수 있어 장기저장은 물론 가공 원료로서의 위생적인 공급에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 이화학적 특성 변화

1) 일반성분

Table 3은 저장 중 고추가루의 수분, 전당 및 환원당의 변화를 나타낸 것으로서 照射 직후에는 큰 변화가 없었으나 조사 선량의 증가에 따라 전당의 감소와 환원당의 증가 현상이 약간 나타났으며, 저장 기간이 경과됨에 따라 모든 성분은 다같이 점차 감소되는 경향으로서 조사선량에 따른 영향은 인정되지 않았다. Bachman 등[12]은 향신료의 살균을 위한 5~15 kGy의 방사선 조사는 당 및 기타 성분에 별 영향을 주지 않았다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였으며, 수분 함량은 미생물의 생육은 물론 저장 식품의 이화학적 변화에 직접적인 영향을 주게되는 것으로서 저장기간 중 수분 함량이 13% 정도에서 유지된 것은 polyethylene에 의한 완 포장과 실험 수행시 환경조건 등에도 기인된 것으로 본다.

2) Capsanthin 및 capsaicin

고추가루의 carotenoids는 주요 구성 성분으로서 capsanthin이 약 40%, β-carotene이 약 20%, capsorubin이 약 10% 정도 함유되어 있으며[24], 본 실험에서 acetone 추출 색소의 양은 Fig. 2에 나타난

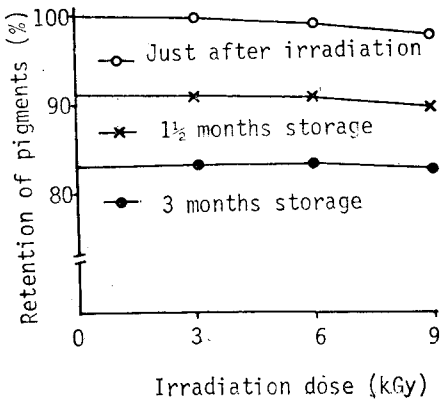

Fig. 2. Retention of the acetone soluble pigment of red pepper powder by irradiation.

바와 같이 조사 직후에는 선량의 증가에 따라 다소 감소되었으나 저장 기간의 경과로 선량간의 차이가 줄어 들어 고추가루의 색소는 γ-선 조사에 의한 영향보다는 저장 기간 및 조건에 따른 변화가 더 큰 것으로 나타났다. 또한 고추가루의 매운맛 성분인 capsaicin의 비색 정량법은 vanadium oxytrichloride와 capsaicin과의 색소 반응에 근거를 둔 것으로서 Table 4에 나타난 바와 같이 조사 직후 조사 구는 비조사 구에 비해 선량의 증가와 더불어 3~15% 의 감소율을 나타내었다. Vajdi 등[11]은 향신료의 살균을 위한 γ-선과 가스 약제 처리의 비교 연구에서 조사 구는 비조사 구와 색도의 차이가 거의 없었으나 가스 처리 구에서

Table 3. Changes in chemical components of irradiated red pepper powder during storage

(Unit: %)

Storage period(Month) / Item / Dose(kGy)	0			1½			3		
	Moisture	TS*	RS**	Moisture	TS	RS	Moisture	TS	RS
0	13.33	24.90	21.65	13.20	24.31	20.46	13.18	24.10	19.80
3	13.28	24.06	21.70	13.15	23.71	19.58	13.09	23.69	19.78
6	13.33	24.08	22.00	13.21	23.51	20.30	13.17	23.70	20.10
9	13.30	24.30	22.00	13.10	23.53	18.85	13.12	22.80	19.51

*Total sugar **Reducing sugar

Table 4. Effect of irradiation on capsaicin content of red pepper powder*

	Dose (kGy)			
	0	3	6	9
Content (mg %)	56.7	55.3	50.1	48.2
Relative content (%)	100	97.5	88.4	85.0

*Immediately after irradiation

는 명도와 적색도가 매우 낮은 수치를 보였다고 하였으며, Farkas 등[9]은 향신료에 2~16 kGy의 γ-선 조사는 신미 성분에 약간의 감소를 가져오나 다른 살균법에 비교하여 보면 훨씬 영향이 적었다고 보고한 바 있다. 따라서 본 실험에서 고추가루의 색소는 저장 기간의 경과에 따라 조사에 의한 영향보다는 저장 기간 및 조건에 영향을 받게되는 것을 알 수 있었고, 살균 선량에서의 신미 성분의 감소는 심하지 않았으나 고추가루의 품질과 관능적인 평가에서 어느 정도의 영향을 미치게 될지 추후의 계속적인 연구가 필요하다 하겠다.

요 약

유통되고 있는 고추가루의 위생적인 측면에 감안하여 건조 고추를 직접 구입하여 마쇄한 시료와 분말 제품화된 시료의 미생물 오염도와 γ-선 살균 선량 및 저장중 이화학적 특성 변화를 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 유통되고 있는 고추가루의 일반 세균은 g당 $3.83\sim6.68\times10^6$ 정도였으며, 대장균 군이 양성으로 나타난 시료도 있었다.

2. γ-선의 살균 효과에서 일반 세균은 6 kGy조사로서 ½로 감균되었고, 9 kGy 조사에서는 완전 살균되어 3개월 저장 후에도 미생물은 전혀 생육되지 않았으며, 세균의 D_{10} 값은 1.52~1.58 kGy로 나타났고 대장균 군은 3 kGy 조사로서 불활성화 되었다.

3. 고추가루의 수분, 전당 및 환원당은 저장 중 크게 변화되지 않았으며, capsanthin 함량은 조사 직후 다소 감소되었으나 저장 기간의 경과로 비조사구와 비슷한 수준이었고 capsaicin은 살균 선량에서 조금 낮은 함량을 보였다.

문 헌

1. 전재근, 박상기 : 한국농화학회지, **22**(1), 18 (1979)
2. 박상기, 전재근 : 한국농화학회지, **20**(1), 95 (1977)
3. 장규섭, 김재욱 : 한국농화학회지, **19**(3), 145 (1976)
4. Daoud, H.N. and Luh, B.S.: *Food Technol.*, **21**, 339(1967)
5. 김동연, 이종욱 : 한국식품과학회지, **12**(1), 53 (1980)
6. 전재근, 서정식 : 한국농화학회지, **23**(1), 1(1980)
7. Wesley, F. and Rourke, B.: *J. Food Sci.*, **30**, 1037(1965)
8. Department of Health and Human Services: *FDA* 21 *CFR ch.* I, Docket No.81 N-0004, *Federal Register*, **45**(59), 18992(1981)
9. Farkas, J., Beczner, J. and Incze, K.: *Radiation Preservation Food*, **IAEA-SM-166/66**, 389(1973)
10. Farkas, J.: *Food Irradiation Information*, **4**, 11(1975)
11. Vajdi, M. and Pereira, N.M.: *J. Food Sci.*, **38**, 893(1973)
12. Bachman, S. and Gieseczynska, J.: *Factors Influencing the Environmental Application of Food Irradiation*, **IAEA-PL-518/5**, 33(1973)
13. 이정혜, 최언호, 김형수, 이서래 : 한국식품과학회지, **9**(3), 199(1977)
14. WHO: *Wholsomeness of Irradiated Food*, report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee), *Technical Report Series*, **659**, 7(1981)
15. FDA: Recent Clearance for Irradiated Food *Federal Register*, **48**, 30613(1983)
16. American Public Health Association: *Standard Method for the Examination of Dairly Products*, 14th ed., New York, (1978)
17. 서울특별시 보건연구소 : 병원미생물 검사요원 교재, 18(1976)
18. Osborne, D.R. and Voogt, P.: *The Analysis of Nutrients in Foods*, Academic Press, New York, 107(1981)
19. 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之 : 食品分析ハンドブック (제2판 建帛社, 東京), 127(1977)
20. Chen, S.L. and Gutmanis, F.: *J. Food Sci.* **33**, 274(1968)
21. Trejo-Gonzalez, A. and Wild-Altamirano, C.: *J. Food Sci.*, **38**, 342(1973)
22. 권중호, 변명우, 조한옥 : 한국식품과학회지, **15** (4), 364(1983)
23. IAEA: *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*, *Technical Report Series*, **114**, 37(1970)
24. Kanner, J., Stella, H.D.P. and Ben-Gera, I.: *J. Food Sci.*, **12**, 59(1977)