

방사선조사가 콩나물 무침의 저장 중 품질 특성에 미치는 영향

김미선¹·김민희¹·양윤형¹·이주운²·변명우²·임성기³·김미리^{1*}

¹충남대학교 식품영양학과, ²한국원자력연구원, 방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀,

³대전지방식품의약품안전청

Effects of Gamma Irradiation on the Quality of Kongnamul Muchim(Cooked Soybean Sprouts) During Storage.

Mi-Sun Kim¹, Min Hee Kim¹, Yun Hyoung Yang¹, Ju-Woon Lee², Myung-Woo Byun², Sung Kee Lim³
and Mee Ree Kim^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Team for Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Research Institute, Jeongup 580-185, Korea

³Daejeon Regional Food & Drug Administration, Daejeon 302-713, Korea

Abstract

In this study, the effects of gamma irradiation on the microbial, physical characteristics, sensory qualities and antioxidant activity of Kongnamul Muchim(cooked soybean sprouts) were investigated. Gamma irradiation at 3 kGy inhibited microbial growth until 4 weeks of storage at 4°C and until 5 days at 25°C. The 3 kGy dose did not significantly affect the hardness of the sprouts; however Hunter's color values for lightness, redness and yellowness were changed. Low-dose gamma irradiation(up to 2 kGy) did not significantly affect the antioxidant activity of the Kongnamul Muchim. Also, based on a triangle sensory test, the gamma irradiated Kongnamul Muchim was not significantly different from the control. From these results, it is suggested that the applying gamma irradiation to cooked vegetables at doses lower than 3 kGy is recommended to extend shelf-life and maintain quality characteristics.

Key word: Kongnamul, gamma irradiation, quality, antioxidant activity

I. 서 론

생활수준의 향상과 과학기술의 발전으로 식품의 취급 및 관리가 발전하고 있음에도 불구하고 식품의 섭취로 인한 질병인 식중독의 발생은 여전히 인간의 건강을 위협하고 있다. 또한 식중독의 원인은 더욱 다양화되고 그 발생이 때와 장소를 가리지 않으며, 지속적으로 새로운 유형의 병원성균이 출현하고 있는 실정이다. 최근에는 국내 단체급식 규모가 확대됨에 따라 단체급식소에서의 식중독 사고 역시 빈번히 발생하며 그 규모도 대형화되고 있다(Kim HY 등 2002).

단체급식에서 많이 이용되는 조리 유형별 미생물학적 위

해 분석을 실시한 (Park HK 등 2000)의 결과에 의하면 생채류 및 숙채류에서 조리 후 일반세균수 및 대장균군수 검출율이 높았다고 보고하였다. 특히, 콩나물무침이나 근대나물의 경우는 원부재료보다 조리된 음식에서 일반세균이 더 검출되었다고 보고하였는데, 이는 조리 시 사용된 양념, 사용된 그릇, 조리사의 손 등 오염원으로부터 재오염되었을 가능성이 있음을 보여주고 있다(Kim HY 등 2002). 숙채류는 조리과정상 뜨거운 물에 데치거나 삶는 조작을 거치지만 원부재료의 미생물이 조리된 음식에 상당수 전이되었다고 보고하여(Park HK 등 2000) 저장 환경이 위생상 중요한 요소임을 다시 한 번 확인시켜주었다.

식품의 보존성을 높이기 위해 세계 각국에서 사용되는 보존제나 훈증처리는 유해성분의 생성 및 잔류로 발암성 등 건강장애를 일으킬 수 있기 때문에 그 사용이 제한되고 있다(Marcotte M 1994, Robert T와 Unnevehr L 1994). 방사선조사는 비가열 살균방법으로 안전하고 품질의 변화에 크게 영향을 주지 않으면서 위생적 안정성을 확보하기 위

*Corresponding author: Mee Ree Kim, Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea
Tel: 82-42-821-6837
Fax: 82-42-821-8887
E-Mail: mrkim@cnu.ac.kr

한 방법으로 최근 많이 도입되어 활용되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 콩나물 무침의 위생상 안전성을 확보하고 저장성을 높이기 위하여 콩나물 무침에 방사선을 조사하여 미생물학적·이화학적 특성 및 항산화성을 평가하여 단체급식에 활용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 콩나물 무침의 조리

실험분석에 사용한 콩나물은 P제품으로 대전 E마트에서 구입하여 사용하였다. 콩나물 100 g을 깨끗이 씻어 스테인리스스틸 냄비에 넣고 물 700 g을 붓고 가스레인지의 센불에서 20분간 삶는다. 삶은 콩나물을 체에 받쳐서 5분 정도 병치한 후 볼에 담고 소금, 다진 파, 다진 마늘, 깨소금, 참기름을 넣고 잘 버무렸다(Kye SH 등 1995).

2. 감마선 조사 및 저장

콩나물 무침 50 g을 nylon film에 함기포장한 후 Co-60 감마선 조사시설(Point source, AECL, IR-79, Nordion International Co. Ltd., Owatta, ON, Canada)을 이용하여 실온에서 시간당 5 kGy의 선량으로 미생물, 색도 및 조직감은 0, 2 및 3 kGy, 항산화능은 5 kGy까지 총 흡수선량을 얻도록 하였고, 4°C와 25°C에서 각각 저장하면서 실험에 사용하였다.

3. 총균 및 대장균군 측정

콩나물 무침을 25°C에서는 7일 동안 저장하면서 총균과 대장균을 측정하였고, 4°C에서는 4주 동안 저장하면서 총균과 대장균을 측정하였다. 시료는 nylon bag에 콩나물무침 10 g과 시료 중량의 9배 멀균수를 넣고 균질화한 후 시험액으로 사용하였다. 총균수는 Nutrient broth (Difco, USA) 배지, 대장균군은 EMB agar (Difco, USA)배지에서 배양하였다. 각각의 배지에 일정수준 희석한 시험액을 도말하여 35°C 온도에서 48시간 배양하여 생성된 집락을 계수하였다. 미생물수는 시료 1 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었으며 검출을 위한 최소 계수 한계는 10¹ CFU/g 이었다.

4. 기계적 조직감(Texture)

콩나물무침을 머리와 줄기의 두 부분으로 나누어 각각의 경도와 씹힘성의 변화를 Texture analyser(TA/XT2, Microstable Systems Co. England)를 이용하여 시료를 2회 연속적으로 침입시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 측정하였다. Texture analyser의 측정조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Conditions of texture analyzer

	Head	Stem
Probe	Φ25 mm	Φ2 mm
Force threshold	1000.0 g	5.0 g
Contact area	490.62 mm ²	3.14 mm ²
Contact force	5.0 g	1.0 g
Pre test speed	5 mm/s	0.5 mm/s
Post test speed	5 mm/s	1.0 mm/s
Test speed	5 mm/s	1.0 mm/s
Strain	50 %	70%
Time	2.0 sec	2.0 sec
Trigger type	Auto @ 100 g	Auto @ 200 g

5. 색도 측정

콩나물무침 10 g에 동량의 종류수를 붓고 blender로 곱게 마쇄하여 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. LTD, Japan)를 사용하여 Hunter L^a(lightness), a^b(redness), b^y(yellowness)을 측정하였다.

6. 총 Phenol 함량 측정

페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 방법으로 Folin-Denis법(Singleton VL과 Rossi JA Jr 1965)에 의해 측정한다. 종류수 2.5 mL에 시료추출액 0.33 mL, Folin-Denis 0.16 mL과 Na₂CO₃ 포화용액 0.3 mL을 넣고 암실에서 30분간 발색시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였고 표준품으로는 tannic acid를 사용하였다.

7. DPPH 라디칼 소거능

시료 0.3 g에 methanol 10 mL을 넣은 후 5분간 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심 분리하여 얻어진 상등액을 evaporator로 용매를 회발하여 추출물만 얻었다. 추출물 50 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 50 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 시료용액 50 μL에 1.5×10⁻⁴ mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 용액 150 μL을 가한 후 30분 후에 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 라디칼 소거능(%)을 다음의 식으로 계산한 후 각 농도별 라디칼 소거능에 대한 겹량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀을 구하였다.

Free radical scavenging effect(%)

$$= \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

8. 관능검사

관능검사는 식품영양학과 대학원생과 학부생 24인의 패널에게 실험목적을 숙지시킨 후 차이식별검사 중 삼점검사(triangle test)를 실시하였다. 동일한 두 개의 시료와 서로 다른 한 개의 시료를 동시에 제시하여 패널요원에게 다른 시료를 선택하도록 지시한 후 우연히 맞힐 확률이 1/3이라는데 근거하여 작성된 통계표에서 전체 응답 수에 대한 정답수를 비교하여 분석하였다(김혜영 등 2004).

9. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하였으며, 데이터는 SPSS 12.0 (Statistical Package for Social Sciences. SPSS Inc., Chicago IL, USA) software package 프로그램을 이용하여 분산 분석(ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의차를 검증하였다(Steel RGD와 Torrie JH 1960).

III. 결과 및 고찰

1. 총균수 및 대장균군수

방사선 조사된 콩나물무침을 4°C 또는 25°C의 온도에서 각각 저장하면서 측정한 총균 및 대장균군수는 Fig 1 및 2와 같다. 대장균군은 저온 및 고온 저장 시에 모두 검출되지 않았다. 총균수는 저장온도 4°C에서는 조리 직후 비조사구는 3.0 log CFU/g을 나타내었고, 방사선조사 2 kGy 처리구에서는 2.0 log CFU/g, 3 kGy 처리구에서는 총균수가 검출한계 이하로 사멸되었다($p<0.05$). 비조사구는 저장 1주에 4.5 log CFU/g, 저장 2주에 8.6 log CFU/g으로 총균수가 급격히 증가하여 부패정도에 해당하는 군수를 나타내었다. 반면, 방사선조사 2 kGy 처리구는 저장 2주에 2.9 log CFU/g, 저장 4주에 5.5 log CFU/g으로 완만히 증가하였으며, 3 kGy 처리구는 저장 2주에 2.6 log CFU/g, 저장 4주에 3.4 log CFU/g로 비조사구의 조리 직후와 유사한 군수를 나타내었다($p<0.05$). 저장온도 25°C에서는 조리 직후 비조사구의 총균수는 3.0 log CFU/g을 나타내었고, 방사선조사 3 kGy 처리구는 총균수가 검출한계 이하로 사멸되었다($p<0.05$). 비조사구는 저장 1일 후에 총균수가 7.7 log CFU/g으로 급격하게 증가하여 부패에 해당하는 군수를 나타내었다. 방사선조사 3 kGy 처리구에서는 저장 1일 후에 5.9 log CFU/g으로 증가하였고 저장 3일후에 6.3 log CFU/g, 저장 5일에 7.6 log CFU/g으로 증가하여 25°C의 고온 저장시에도 3일까지 저장이 가능하였다. 방사선 조사한 쌀죽을 25°C에 저장한 경우에도 비조사구는 저장 1일 만에 총균수가 7.4 log CFU/g으로 증가하는 등 부패현상을 나타냈고, 방사선 조사선량이 증가할수록 총균수가 감소하였다고 보고하여(Yang YH 등 2007), 본 실험의 결과와 유사하게 나타났다. 따라서 방사선 조사에 의한 콩나물무침의 미생물학

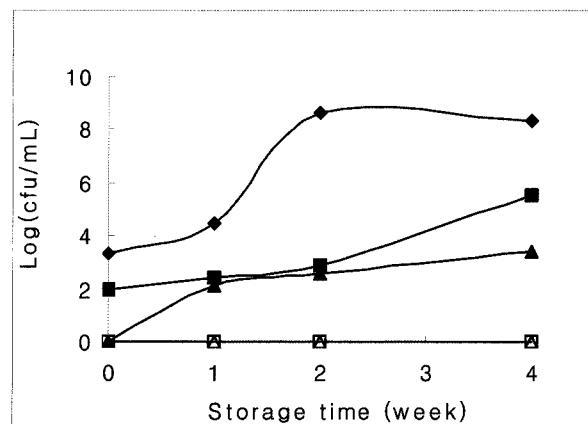


Fig. 1. Total microbial and *E. coli* profiles (log CFU/g) of gamma-irradiated Kongnamul Muchim during storage at 4°C (◆ : Total microbials at 0 kGy, ▲ : Total microbial at 2 kGy, ■ : Total microbial at 3 kGy, ◇ : *E. coli* at 0 kGy, △ : *E. coli* at 2 kGy, □ : *E. coli* at 3 kGy).

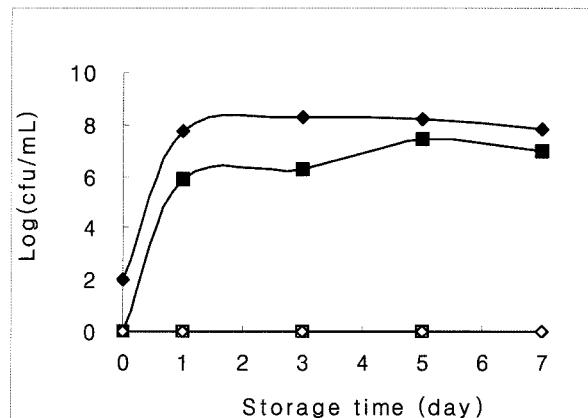


Fig. 2. Total microbial and *E. coli* profiles (log CFU/g) of gamma-irradiated Kongnamul Muchim during storage at 25°C (◆ : total microbials at 0 kGy, ■ : total microbial at 3 kGy, ◇ : *E. coli* at 0 kGy, □ : *E. coli* at 3 kGy).

적 안전성을 확보하기 위해서는 3 kGy 이하의 저선량의 조사로도 가능한 것으로 보여진다. 또한, 방사선 조사시 조사선량에 따른 저장기간연장은 저온저장시 대조구의 1주 저장에 비하여 조사 선량 2kGy 조사구는 3주, 3kGy 조사구는 4주까지도 저장이 가능하였다.

2. 조직감

방사선 조사한 콩나물무침의 조직감 특성을 Texture analyzer를 이용하여 TPA(texture profile analysis)를 측정하여 Table 2-5에 나타내었다. 조리 직후 콩나물무침의 머리 및 줄기부분의 경도(hardness)는 비조사구와 방사선조사 선량 2 및 3 kGy 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않아 조사선량 3

kGy까지는 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 저장온도 4°C에서 저장하는 동안 콩나물무침 머리부분의 대조구는 저장 3주 후에 경도가 유의적으로 감소하였는데, 방사선 조사구에서도 대조구와 유사한 경향을 나타내어 저장 3주 후에 감소하였다. 씹힘성(chewiness)은 조리 직후 콩나물무침의 머리 및 줄기부분의 씹힘성이 비조사구와 방사선 조사 선량 2 및 3 kGy 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않아 조사선량 3 kGy까지는 대조구와 유의적인 차이를

나타내지 않았다. 저장온도 4°C에서 저장하는 동안 콩나물 무침 머리부분의 대조구는 저장 1주에서 4주까지 씹힘성이 유의적으로 감소하였는데($p<0.05$), 방사선조사구에서도 비조사구와 유사한 경향을 나타내어 저장 1주에서 4주까지 감소하였다. Seung TH 등(2005)은 전고사리에 방사선 조사하였을 때의 조직감을 측정한 결과, 씹힘성에서는 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내($p<0.05$) 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

Table 2. Changes in hardness of gamma-irradiated Kongnamul Muchim (head and stem) during storage at 4°C

Storage (week)	Hardness					
	Head			Stem		
	0 kGy	2 kGy	3 kGy	0 kGy	2 kGy	3 kGy
0	N.S. 8382.0±1164.3	7815.6 ^A ±969.8	N.S. 7721.8 ^A ±642.8	N.S. 251.5 ^A ±31.0	236.0 ^B ±45.4	218.7 ^B ±35.1
1	N.S. 8213.9 ^A ±709.0	8025.4 ^A ±959.5	6782.4 ^A ±930.0	^b 165.8 ^B ±19.9	^{a,b} 171.9 ^{AB} ±39.5	^a 225.2 ^B ±35.3
2	N.S. 5048.5 ^B ±1078.4	5323.6 ^B ±1070.4	5483.7 ^B ±963.2	N.S. 268.5 ^A ±41.7	250.3 ^B ±48.6	256.8 ^B ±14.8
4	N.S. 5221.1 ^B ±1037.3	5406.8 ^B ±670.9	5362.0 ^B ±1045.8	^b 272.7 ^A ±31.3	^a 467.8 ^A ±144.0	^a 446.3 ^A ±107.3

^a Different superscripts within a same row (irradiation dose) are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

^{a,b} Different superscripts within a same column (storage period) are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

N.S. Not significant at $p<0.05$.

Table 3. Changes in chewiness of gamma-irradiated Kongnamul Muchim (head and stem) storage at 4°C

Storage (week)	Chewiness					
	Head			Stem		
	0 kGy	2 kGy	3 kGy	0 kGy	2 kGy	3 kGy
0	N.S. 4367.4 ^A ±1212.4	4009.0 ^A ±720.7	3737.2 ^B ±407.7	18.7 ^A ±5.6	21.8 ^A ±7.8	12.2 ^A ±5.9
1	N.S. 4461.5 ^A ±778.3	4809.6 ^A ±702.2	4473.1 ^A ±261.6	13.1 ^A ±4.6	14.7 ^A ±4.7	18.9 ^A ±41.6
2	N.S. 4066.7 ^A ±1221.1	4584.5 ^A ±380.9	3123.0 ^C ±322.2	23.3 ^B ±5.4	20.3 ^B ±11.1	24.1 ^B ±10.4
4	N.S. 3070.6 ^B ±1093.4	2791.0 ^B ±479.0	2574.3 ^C ±389.1	16.7 ^A ±5.1	14.1 ^A ±23.1	17.4 ^A ±20.3

^a Different superscripts within a same column (storage period) are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

N.S. Not significant at $p<0.05$.

Table 4. Changes in hardness of gamma-irradiated Kongnamul Muchim (head and stem) storage at 25°C

Storage (day)	Hardness					
	Head			Stem		
	0 kGy	3 kGy	0 kGy	0 kGy	3 kGy	
0	^a 8382.0±1164.3 N.S.	^b 7721.8±642.8 N.S.	N.S. 251.5±31.0 N.S.	N.S. 251.5±31.0 N.S.	N.S. 218.7±35.1 N.S.	
2	7720.4±1050.3	7772.4±575.2	268.0±19.4	268.0±19.4	270.4±75.0	
5	^a 7475.7±1092.1	^b 6712.3±56.1	243.6±26.8	243.6±26.8	242.4±49.3	

^a Different superscripts within a same row (irradiation dose) are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

N.S. Not significant at $p<0.05$.

Table 5. Changes in chewiness of gamma-irradiated Kongnamul Muchim (head and stem) storage at 25°C

Storage (day)	Chewiness					
	Head			Stem		
	0 kGy	3 kGy	0 kGy	0 kGy	3 kGy	
0	^a 4367.4±1212.4 N.S.	^b 3737.2±407.7 N.S.	^a 18.7±5.6 N.S.	^b 18.7±5.6 N.S.	^b 12.2±4.9 N.S.	
2	^a 4287.1±835.0	^b 3796.0±725.2	^b 18.9±9.5	^b 18.9±9.5	^a 20.8±6.5	
5	^a 4024.8±851.9	^b 333.6±480.5	^a 26.5±8.9	^a 26.5±8.9	^b 18.6±10.8	

^a Different superscripts within a same row (irradiation dose) are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

N.S. Not significant at $p<0.05$.

Table 6. Changes in Hunter color L, a and b value of gamma-irradiated Kongnamul Muchim during storage at 4°C

	Dose (kGy)	Storage (weeks)			
	0	1	2	4	
L-value	0 kGy	^a 71.11±0.30 ^A	^a 70.76±0.12 ^A	^a 69.41±0.09 ^{AB}	^a 68.51±0.14 ^B
	2 kGy	^a 70.57±0.33 ^A	^a 69.62±0.23 ^A	^{ab} 67.23±0.68 ^B	^a 69.95±0.26 ^A
	3 kGy	^b 67.99±0.28 ^A	^b 65.75±0.23 ^B	^b 65.02±0.33 ^B	^b 65.51±0.56 ^B
a-value	0 kGy	^b -0.55±0.16 ^D	^b 0.63±0.14 ^B	^b -0.22±0.23 ^C	^c 1.28±0.16 ^A
	2 kGy	^a 0.49±0.03 ^C	^a 1.46±0.14 ^B	^a 1.33±0.39 ^B	^b 2.16±0.06 ^A
	3 kGy	^a 0.38±0.25 ^C	^a 1.36±0.04 ^B	^a 1.31±0.13 ^B	^a 2.60±0.06 ^A
b-value	0 kGy	^a 26.68±0.12 ^A	^a 21.09±0.22 ^B	^a 19.63±0.06 ^C	^a 20.83±0.27 ^B
	2 kGy	^b 22.25±0.13 ^A	^b 18.10±0.12 ^D	^b 18.67±0.34 ^C	^b 19.61±0.29 ^B
	3 kGy	^{ab} 20.84±0.35 ^A	^b 17.88±0.10 ^D	^b 18.69±0.17 ^C	^b 19.25±0.30 ^B

^a Different superscripts within a same column (irradiation dose) are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.^a Different superscripts within a same row (storage period) are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.**Table 7.** Changes in Hunter color L, a and b value of gamma-irradiated Kongnamul Muchim during storage at 25°C

	Dose (kGy)	Storage (days)				
	0	1	3	5	7	
L-value	0 kGy	^a 71.11±0.30 ^A	^b 60.11±0.19 ^B	^b 54.41±0.06 ^D	^b 57.59±0.07 ^C	^b 60.52±0.20 ^B
	3 kGy	^b 67.99±0.28 ^A	^a 67.77±0.16 ^{AB}	^a 67.25±0.40 ^B	^a 67.23±0.53 ^B	^a 67.91±0.06 ^A
a-value	0 kGy	^b -0.55±0.16 ^D	^b -0.17±0.13 ^B	^b 0.41±0.10 ^A	^b -0.16±0.01 ^B	^b -0.47±0.06 ^C
	3 kGy	^a 0.38±0.25 ^C	^a -0.14±0.15 ^D	^a 2.28±0.13 ^A	^a 1.31±0.13 ^B	^a 1.02±0.29 ^B
b-value	0 kGy	^a 26.68±0.12 ^A	^a 23.16±0.33 ^B	^a 22.13±0.09 ^B	^a 20.03±0.13 ^C	^a 21.73±0.02 ^D
	3 kGy	^b 20.84±0.35 ^A	^b 18.69±0.17 ^C	^b 18.66±0.12 ^C	^b 18.41±0.04 ^D	^b 19.28±0.01 ^B

^a Different superscripts within a same column (irradiation dose) are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.^a Different superscripts within a same row (storage period) are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

저장온도 25°C에서도 비조사구의 조리 직후 콩나물무침의 머리 및 줄기부분의 경도는 저장 5일까지 비조사구와 방사선조사 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 씹힘성에서는 콩나물무침의 머리 및 줄기부분 모두에서 비조사구에 비해 방사선조사군이 유의적으로 낮은 값을 나타내었다 ($p<0.05$). 또한, 콩나물무침 머리부분이 비조사구와 방사선조사구에서 저장일이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내지만 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이 같은 결과로부터 방사선 조사선량 3 kGy까지는 콩나물무침의 경도와 씹힘성에 큰 변화를 주지 않는다는 것을 알 수 있었다.

3. 색상

방사선 조사된 콩나물 무침의 색상을 Hunter's color system으로 측정한 결과는 Table 6 및 7과 같다. 콩나물무침의 명도(L값)는 조리 직후 비조사구가 71.11, 방사선조사 2 kGy 처리구에서 70.57, 3 kGy 처리구에서 67.99로 조사선량이 증가할수록 감소하였다($p<0.05$).

저장온도 4°C에서 저장하는 동안 저장 기간이 경과됨에 따라 명도는 감소하였으며, 또한, 방사선조사 선량이 증가할수록 감소하였다($p<0.05$). 적색도를 나타내는 a값은 조리 직후 비조사구가 -0.55, 방사선조사 2 kGy 처리구가 0.49, 3 kGy 처리구가 0.38로 방사선조사 처리구에서 높은 값을

보였다($p<0.05$). 저장 4주까지 저장기간이 증가할수록 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). 황색도를 나타내는 b값은 조리 직후 비조사구가 26.68, 방사선조사 2 kGy 처리구에서 22.25, 3 kGy 처리구에서 20.84로 조사선량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 이 같은 결과는 건고사리에 방사선 조사 시와 유사한 결과(Seung TH 등 2005)를 보였다. 25°C에서 저장한 콩나물무침의 명도(L값)는 저장 0일에서 비조사구가 71.11, 방사선조사 3 kGy 처리구에서 67.99로 비조사구에서 낮은 값을 보였다($p<0.05$). 적색도를 나타내는 a값은 저장 0일에서 비조사구가 -0.55, 방사선조사 처리구가 0.38로 비조사구에서 낮게 나타났다 ($p<0.05$). 황색도를 나타내는 b값에서는 비조사구가 26.68, 방사선조사 처리구가 20.84로 비조사구에서 높은 값을 보였다($p<0.05$). 4°C와 25°C에서 모두 명도(L)에서는 비조사구가 방사선조사 처리구보다 높은 경향을 나타내었고, 적색도(a)에서는 비조사구보다 방사선조사 처리구에서 높은 경향을 나타내었다.

4. 총 Phenol 함량

콩나물 무침의 총 phenol 함량(mg/mL)은 Fig. 3에 나타낸 바와 같이, 비조사구(0 kGy)는 0.0015 mg/mL, 방사선조사 1, 2, 3 및 5 kGy 처리구는 각각 0.0017, 0.0017, 0.0016

및 0.0018 mg/mL로 비조사구와 유의적인 차이가 없었다. 이 같은 결과는 (Lee HJ 등 1996)의 감마선 조사 직후 대두의 추출성 phenols 함량이 비조사군에 비해 감마선 조사군은 조사선량의 증가와 더불어 다소의 감소현상을 나타낸다고 하는 결과와 상이한 결과를 나타내었다. 또한, 저장 2주까지는 방사선 조사선량 5 kGy까지는 대조구와 유의적인 차이가 없었다. 그러나 저장 4주에는 5 kGy에서 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다($p<0.05$).

5. DPPH 라디칼 소거능

콩나물 무침의 DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀(DPPH 라디칼을 50% 소거시키는데 필요한 농도)을 Fig. 4에 나타내었다. 비조사구의 IC₅₀값은 3.307 mg/mL 이었으며, 방사선 조사 1, 2, 3 및 5 kGy 처리구는 각각 3.139, 3.599, 3.670 및 3.490 mg/mL로 유의적인 차이가 없었다. 저장기간이 증가함에 따라 대조구의 DPPH 라디칼 소거능 IC₅₀값이 증가하여 항산화능은 감소하였는데 이 같은 경향은 방사선조사구의 경우에도 유사하였다. 방사선 조사선량별로 보았을 때, 저장 2주에는 조사선량 1 kGy와 2 kGy는 유의적인 차이가 없었으나 비조사구에 비하여는 항산화능이 감소하였다. 또한, 조사선량 3 kGy와 5 kGy는 유의적인 차이가 없었으나 비조사구에 비하여는 항산화능이 현저히 감소되었다.

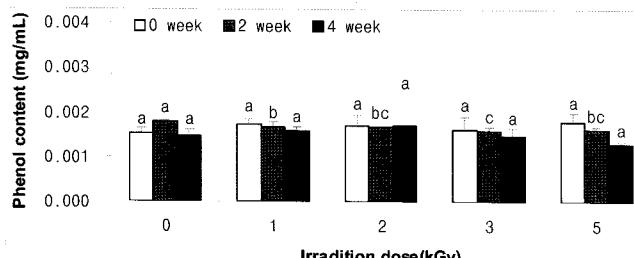


Fig. 3. Changes in total phenol content of gamma-irradiated Kongnamul Muchim during storage at 4°C. ^a Different superscripts within a same row(irradiation dose) are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

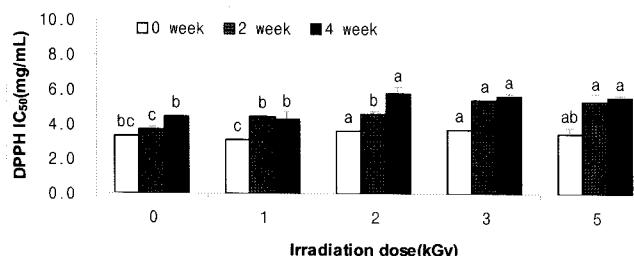


Fig. 4. Changes in DPPH free radical scavenging activity of gamma-irradiated Kongnamul Muchim during storage at 4°C. ^a Different superscripts within a same row(irradiation dose) are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

Table 8. Sensory result of 3 kGy-gamma-irradiated Kongnamul Muchim by triangle test

No. of panelist	No. of correction	Significance
3 kGy 24	12	NS ¹⁾

¹⁾ N.S : Not significantly different

6. 관능검사

방사선 조사된 콩나물무침(3 kGy)과 비조사 콩나물무침에 대하여 전반적으로 차이가 있는지 알아보기 위하여 종합적인 차이검사 방법의 하나인 3점 검사를 수행한 결과를 Table 8에 나타내었다. 통계적으로 1%수준에서 유의적 차이를 표명할 수 있는 최소 정답수는 총 24명의 패널 중 14명인데 본 실험결과에서는 12명이 있으므로 비조사구와 방사선조사 3 kGy 처리구는 유의적으로 차이를 나타내지 않았다. 따라서 관능검사 결과를 통해 방사선조사 3 kGy 처리구는 콩나물 무침을 미생물학적으로 안전하게 저장성을 연장하는 적절한 조사선량으로 파악되어진다.

IV. 요약 및 결론

콩나물 무침을 조리한 후 Nylon film 포장재에 함기포장하여 조사한 후 온도(4°C, 25°C)를 달리하여 저장하면서 분석하였다. 4°C에서 저장 시 비조사구에서는 저장 1주째에 이르러 총균수가 부패정도에 해당되는 균수를 나타내었으나 방사선조사 3 kGy 처리구에서는 조사 직후 총균은 검출되지 않았다. 방사선 조사시 조사선량에 따른 저장기간연장은 저온저장시 대조구의 1주 저장에 비하여 조사선량 2kGy 조사구는 3주, 3kGy 조사구는 4주까지도 저장이 가능하였다. 대장균군은 모든 처리구에서 검출되지 않았다. 조직감은 방사선조사 3 kGy 처리구는 머리 및 줄기의 경도 및 씹힘성이 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 색도는 명도(L) 및 황색도(b)값이 방사선조사구가 비조사구보다 낮았고, 적색도(a)값은 방사선조사구에서 높은 경향을 나타내었다. 총 폐놀함량은 조사선량에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 항산화능(DPPH 자유라디칼 소거능)은 조사선량 2 kGy 이상에서는 비조사구에 비하여 감소하였다. 3 점 검사를 이용하여 전반적인 차이식별검사를 한 결과, 3 kGy 조사구는 비조사구와 차이가 없는 것으로 나타났다. 본 실험 결과를 통해 미생물의 생육을 효과적으로 억제시킴으로써 저장유동기간을 증가하고, 위해를 줄일 수 있는 조사선량은 3 kGy 이하의 저선량으로 보여진다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학기술평가원의 지원을 받아 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 김혜영, 김미리, 고봉경. 2004. 식품 품질평가. 효일문화사. 서울.
pp 124-125
- Kim HY, Kim JY, Ko SH. 2002. A study on the quality depending on preparing of food in high school contract food service. Korean J Food Cookery Sci 18(5):495-504
- Kye SH, Moon HK, Yum CA, Song TH, Lee SH. 1995. Standardization of the preparation methods of korean foods (III)-for the focus on pibimbab (mixed rice). Korean J Soc Food Sci 11(5):557-564
- Lee HJ, Kim JO, Yook HS, Byun MW. 1996. Physicochemical properties of gamma - irradiated soybeans. J Korean Food Sci Technol 28(3):558-565
- Marcotte M. 1994. Commercial food irradiation, Market tests and consumer attitude research. Prepared as a discussion document for the United Nations environment programme methyl bromide technical options Committee, January.

- Park HK, Yoo WC, Kim KL. 2000. Microbiological hazard analysis for prepared foods and raw materials of foodservice operations. Korean J Soc Dietary Culture 15(2):123-137
- Roberts T, Unnevehr L. 1994. New approaches to regulating food safety. Food Rev 17(2):2-8
- Seung TH, Heo OS, Kim MR. 2005. Rehydration rate, color and texture of soaked fernbraken prepared with gamma-irradiation. J East Asian Soc Dietary Life 15(1):106-111
- Singleton VL, Rossi JA Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic 16(3):144-158
- Steel RGD, Torrie JH. 1960. Principle and procedures of statistics. McGraw-Hill, NY.
- Yang YH, Oh SH, Kwon OY, Byun MW, Lee JW, Park SC, Kim MR. 2007. Effect of gamma irradiation on the microbial and physicochemical properties of ong-keun jook(korean whole rice porridge). J East Asian Soc Dietary Life 17(1):130-135

(2008년 1월 29일 접수; 2008년 2월 25일 채택)