

## 닭고기의 오염미생물 제거를 위한 감마선의 이용

곽희진\* · 이순옥\*\* · 정인창\*\*\*

\*한국관광대학 외식산업과, \*\*한국관광대학 호텔조리과

\*\*\*서라벌대학 호텔조리과

## Irradiation of Chicken for the Improvement of Hygiene

Hee-Jin Kwak\*, Soon-Ok Lee\*\* and In-Chang Jung\*\*\*

\* Professor, Department of Foodservice Industry, Korea Tourism College

\*\* Professor, Department of Hotel Culinary Arts, Korea Tourism College

\*\*\* Professor, Department of Hotel Culinary Arts, Sorabol College

### ABSTRACT

Gamma irradiation(1~10 kGy) was applied to chicken for the evaluation of their microbiological safety. In 3kGy-irradiated sample, the initial level of microbial contamination in chicken was  $1.8 \times 10^4$  CFU/g (Coliforms),  $2.2 \times 10^3$  CFU/g(*Salmonella*) and  $2.7 \times 10^3$  CFU/g(*Listeria*). All kinds of contaminated microorganism were sterilized by 7kGy-irradiation. Also, irradiation followed by freeze storage at the same time was very effective in inhibiting bacterial growth.

The pH was slightly increased during storage period and titratable acidity decreased. However, no significant changes in pH and acidity were observed by gamma irradiation.

Key words : gamma irradiation, chicken, pH.

### I. 서 론

가축의 육류 또는 육가공품은 선모충 또는 *Toxoplasma*에 의한 질병의 원인이 되며, 인간의 내장질환의 원인인 *Salmonella* 및 *Campylobacter*의 경우 조육류 및 가축 등의 소화기관에 생육하고 있어 영국에서 유통되고 있는 조육류의 60~80%가 *Salmonella* 균에 오염되어 있고, 거의 100%가 *Campylobacter*로 오염되어 있다고 보고된 바 있다<sup>1)</sup>. 이외의 육류나 육가공제품의 저장기간을 연장하기 위한 연구로는 알칼리성 인산염(sodium triphosphate, STPP)의 첨가<sup>2)</sup>나 여러가지 포장방법 개선의<sup>3,4)</sup> 온도조절<sup>5)</sup>, 화학보존료 처리 등<sup>6)</sup>을 이용하여 육류 및 육가공제품의 지방산패를 억제하여 저장기간을 연장시킨 보고들이 있다. 그러나 이 같은 활발한 연구에도 불구하고 저장성 연장을 위한 종래의 방법 또한 경제적, 기술적 측면에서 그 이용이

한정되어 있다<sup>7)</sup>. 더욱이 1997년부터 냉장육 수입의 허용으로 수입육에 대한 우리나라 육류의 경쟁력 제고를 위하여 냉장육의 장기 저장 방안의 확립 마련이 매우 시급한 실정이다<sup>8)</sup>. 따라서 본 연구는 감마선 조사 살균방법을 이용한 닭고기의 위생화를 목적으로 미생물의 살균, 살충 및 선도유지 효과 등을 고려한 최적 선량을 선택하여 감마선 조사가 닭고기의 오염미생물의 살균에 미치는 영향을 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료 및 감마선 조사

실험에 사용한 닭고기는 실험 전날 서울시 마장동 시장에서 가슴살만을 구입하여 그 즉시 meat chopper(Model NO. MN 22 S, FUJI)로 갈아 500g씩 분취하여 polyethylene 비닐 팩에 진공 포장한 후 ice box에 담아 운송하여 감마선 조사 시료로 사용하였다. 감마선 조사는 상업적 다목적용 감마선조사시설(선원 570,000 Ci Co-60, 그린피아주식회사)를 사용하여 시간당 0.7 kGy의 선량률로 1, 3, 7, 10 kGy를 조사하였으며, ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하여 총흡수선량을 확인하였다. 감마선 조사된 시료는 비조사구와 함께 냉장(5℃, 0, 2, 4, 8주)과 냉동(-20℃, 1, 2, 4, 6개월) 저장하면서 저장기간별로 실험에 사용하였다.

### 2. 미생물 시험용액 제조

각 시료 25g을 살균된 희석수로 전량을 250 ml로 하고 5분간 잘 흔들어서 정치시킨 후 그 상등액을 시험액으로 사용하였다. 미생물 검사는 위의 시험용액 1 ml을 test tube에 취한 후 살균된 희석수로 10배 단위로 희석하여 실시하였고, 미생물의 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU/g)로 나타내었다.

### 3. 대장균군 및 *E. coli*

대장균군은 chromocult coliform agar(Merck)를 사용한 방법으로 증류수 900ml에 chromocult coliform agar 23.7g을 섞어 hot plate 에서 가열하면서 혼합한 후 50℃로 냉각하여 petri dish에 부어 고화시켰다. 여기에 시험용액을 0.1ml씩 적하 도포한 후 35~37℃에서 24시간 배양한 다음 pink 또는 빨간색은 coliform으로 흑청색 또는 보라색은 *E. coli*로 집락을 계수하였다.

### 4. *Salmonella* 및 *Listeria*

*Salmonella*는 Rambach agar(Merck)를 사용하여 liquid-mix 1 vial에 증류수 250 ml를 가해 용해하고 여기에 nutrient-powder 1 vial을 섞어 hot plate 위에서 stirring하면서 완전히 용해시킨 후, 45~50℃의 water bath에서 가능한 빨리 냉각시켜 petri dish

에 부어 고화시켰다. 시험용액 0.1 ml를 적하 도포하여 35℃에서 18~48시간 배양한 다음 적색의 집락을 계수하였으며 *Listeria*는 Palm Listeria Selective agar(Merck)를 사용하여 *Salmonella*와 같은 방법으로 행하였다.

### 5. pH 및 산도 측정

시료의 pH는 마쇄한 시료 10 g에 70 ml의 증류수를 가해 homogenizer(polytron 294, Kinematica AG Littau)로 균질화시킨 후 전체부피를 100 ml로 조정하여 pH meter (microprocessor pH/mV/℃ meter, mode 18417, Hanna Instruments., Singapore)를 사용하여 측정하였고<sup>9)</sup>, 산도는 이를 중화하는데 소비되는 0.05 N NaOH 표준용액의 양으로 환산하여 나타내었다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 미생물의 오염과 감마선 살균효과

〈Table 1〉은 닭고기에 대한 감마선 살균효과를 나타낸 것으로 초기오염미생물의 검출이 대체적으로 높게 나타났다. 대장균군과 *Listeria*는 모두 1 kGy 이상 조사로 사멸되었고, *Salmonella*의 경우 비조사군에서  $2.2 \times 10^3$  CFU/g을 나타내었으나 1 kGy의 낮은 조사선량으로도 검출한계 이하로 사멸하였다. 닭고기는 *Salmonella*와 같은 식중독세균의 중요한 매개체 중의 하나로서 대개의 *Salmonella* spp.를 비롯한 장내 병원성 세균은 일반적으로 방사선 저항성이 약하여 종에 따라 차이는 있지만  $D_{10}$ 값이 1 kGy 정도로 알려지고 있다<sup>10,11)</sup>. Mulder<sup>12)</sup>의 연구에서도 *Salmonella panama*와 *Escherichia coli* K12의 D-Value가 각각 0.65 kGy와 0.56 kGy라고 하였으며, 같은 조건으로 Enterobacteriaceae를 1/10로 감소시키는데 약 1 kGy가 필요하다고 보고한 바 있다.

〈Table 1〉 Effect of gamma irradiation on the inactivation of microorganisms in chicken (unit : CFU/g)

Microorganism	Irradiation dose (kGy)				
	0	1	3	7	10
Coliforms	$1.8 \times 10^4$ <sup>1)</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND
<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i>	$2.2 \times 10^3$	ND	ND	ND	ND
<i>Listeria</i>	$2.7 \times 10^2$	ND	ND	ND	ND

<sup>1)</sup> Each value represents the mean of duplicate determinations.

<sup>2)</sup> ND: not detected

## 2. 저장기간에 따른 미생물 생육 변화

### 1) 대장균군 및 *E. coli*

대장균군은 일반적으로 감마선 감수성이 높아 저선량 조사에 의해서도 사멸이 가능한 것으로 알려져 있다. 장저장중 닭고기에 대한 대장균군의 생육변화는 <Table 2>와 같다. 초기 오염균수는 비조사군이  $1.8 \times 10^4$  CFU/g으로 다소 높은 오염수준을 나타내었고, 1 kGy군은 조사직후에는 검출되지 않았으나 냉장저장 2주부터  $1.1 \times 10^4$  CFU/g으로 증식하였다. 한편, 3 kGy 이상의 감마선 조사로 대장균군은 완전사멸 가능하였다. 조 등<sup>13)</sup>도 닭고기에 오염된 대장균군의 경우 저장초기 비조사군이  $2.1 \times 10^3$  CFU/g이었던 것이 냉장기간 중 계속 생육하여 저장 10일에는  $1.0 \times 10^4$  CFU/g, 저장 41일에는  $1.1 \times 10^7$  CFU/g을 나타내었고, 5 kGy 조사군에서는 조사직후 양성으

<Table 2> Effect of gamma irradiation on the growth of microorganisms in chicken during storage at 5°C (unit: CFU/g)

Irradiation Dose(kGy)	Microorganisms	Storage period (weeks)			
		0	2	4	8
0	Coliforms	$1.8 \times 10^4$ <sup>1)</sup>	$3.8 \times 10^5$	$8.7 \times 10^6$	$5.7 \times 10^6$
	<i>E. coli</i>	ND <sup>2)</sup>	ND	$0.5 \times 10^2$	$4.8 \times 10^3$
	<i>Salmonella</i>	$2.2 \times 10^2$	$7.9 \times 10^4$	$1.0 \times 10^5$	$2.0 \times 10^5$
	<i>Listeria</i>	$2.7 \times 10^2$	$7.6 \times 10^3$	$0.7 \times 10^4$	$6.0 \times 10^4$
1	Coliforms	ND	$1.1 \times 10^4$	$1.6 \times 10^4$	$2.1 \times 10^5$
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	$2.0 \times 10^2$	$6.1 \times 10^3$	$4.7 \times 10^4$
	<i>Listeria</i>	ND	$5.0 \times 10^2$	$3.7 \times 10^3$	$7.5 \times 10^3$
3	Coliforms	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Listeria</i>	ND	ND	ND	ND
7	Coliforms	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Listeria</i>	ND	ND	ND	ND
10	Coliforms	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Listeria</i>	ND	ND	ND	ND

<sup>1)</sup> Each value represents the mean of duplicate determinations.

<sup>2)</sup> ND: not detected.

**<Table 3> Effect of gamma irradiation on the growth of microorganisms in chicken during storage at -20°C (unit: CFU/g)**

Irradiation Dose(kGy)	Microorganisms	Storage period (months)			
		1	2	4	6
0	Coliforms	2.5×10 <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	1.9×10 <sup>3</sup>	2.5×10 <sup>3</sup>	2.3×10 <sup>3</sup>
	<i>E. coli</i>	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	1.5×10 <sup>2</sup>	1.2×10 <sup>2</sup>	1.0×10 <sup>2</sup>
	<i>Listeria</i>	2.1×10 <sup>2</sup>	ND	ND	ND
1	Coliforms	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Listeria</i>	ND	ND	ND	ND
3	Coliforms	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Listeria</i>	ND	ND	ND	ND
7	Coliforms	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Listeria</i>	ND	ND	ND	ND
10	Coliforms	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Salmonella</i>	ND	ND	ND	ND
	<i>Listeria</i>	ND	ND	ND	ND

<sup>1)</sup> Each value represents the mean of duplicate determinations.

<sup>2)</sup> ND: not detected.

로 나타났으나 저장 10일경부터는 음성으로서 대장균군의 생육은 없었으며, 8 kGy 이상 조사군에서는 저장 전기간을 통해 음성이었다고 보고하였다. 이러한 결과는 EI- Wakeil 등<sup>14)</sup>의 닭고기에 5, 10 및 15 kGy의 감마선을 조사하여 저장성 실험을 수행한 결과 비조사군은 Coliform과 *Streptococci*가 검출되었으나 감마선 조사군에서는 완전사멸되었다는 보고와 거의 일치하였다. *E. coli*는 비조사군의 경우 저장초기에는 검출되지 않았으나 냉장저장 4주후부터 0.5×10<sup>2</sup> CFU/g 수준으로 증식하기 시작하였고, 저장 8주째는 4.8×10<sup>3</sup> CFU/g을 나타내었다. 반면 1 kGy 조사로 완전사멸되어 전 저장기간에 걸쳐 전혀 검출되지 않았다. 냉동저장에서는(Table 3) 대장균군이 저장 1개월째 2.5×10<sup>3</sup> CFU/g이었고, 냉동저장 6개월까지 같은 수준을 유지하며 더 이상의 증식은 없었으며, 1 kGy 이상의 조사로 완전사멸되어 냉동저장 전 기간동안 전혀 검출되지 않았다. 박 등<sup>15)</sup>에 의하면 계육을 동결 저장하면서 대장균

균수를 측정된 결과 저장기간에 따라 일부에서 1~2개의 균군이 검출되었으나 평균적인 수치를 나타낼 수 없었고 초기 미생물 수는 저장성에 많은 영향을 미치나 동결 과정에서 균과 포자까지 거의 사멸되어 동결저장은 장기간의 위생적 보관에 반드시 필요하다고 보고하였다. 박 등<sup>16)</sup>의 연구에서도 냉동 계육의 대장균수의 변화는 저장 초  $10^2$  CFU/g 정도에서 저장 20일 후에도 전 처리구에 걸쳐서  $10^3$  수준을 나타내어 저장기간이 경과함에 따라 그 변화는 경미하였다고 하여 동결저장 기간에 따른 대장균의 증식은 거의 변화가 없었던 본 실험의 결과와 일치하였다.

## 2) *Salmonella*

냉장 닭고기의 비조사균 초기 *Salmonella* 오염균수(Table 2)는  $2.2 \times 10^2$  CFU/g이었고, 저장기간에 따라 증가되어 냉장저장 8주 후에는  $2.0 \times 10^5$  CFU/g을 나타내었다. 반면 1 kGy 조사균의 경우 조사 직후에는 *Salmonella*가 완전히 제거되어 검출되지 않았으나 냉장저장 2주후 부터 점차 증식하기 시작한 반면, 3 kGy 이상의 선량에서는 저장말기까지 완전 사멸되었다. 냉동상태에서(Table 3)는 비조사균에서 저장 1개월까지는 초기의 무균상태를 계속 나타내었으나 2개월째  $1.5 \times 10^2$  CFU/g 수준을 나타낸 후 저장 6개월까지 더 이상의 증식은 없었다. 감마선 조사균에서는 전 저장기간동안 *Salmonella*의 오염을 보이지 않았다. 이러한 결과는 Kahan 등<sup>17)</sup>의 2.5 kGy의 감마선 조사가 냉장·냉동 조육류에 오염된 *Salmonella*를 3 log cycle 이상 살균시키는데 효과가 매우 높다는 연구보고와 일치하고 있다<sup>10),18)</sup>. 또한 무포자 세균과 가금류 및 사료의 *Salmonella* 제거를 위해 사용된 감마선 조사선량은 1~8 kGy였다는 결과<sup>19)</sup>와 냉동 가금류에서 *Salmonella*의 불활성화는 4~5 kGy 선량이 적용된다는 연구보고 등<sup>20)</sup>과도 거의 일치하였다.

## 3) *Listeria*

냉장저장시 닭고기에 대한 *Listeria*의 생육변화를 살펴보면, 비조사균의 초기 *Listeria* 오염균수는  $2.7 \times 10^2$  CFU/g으로 쇠고기와 돼지고기에 비해 그 오염도가 낮았으며, 1 kGy 조사로 역시 조사직후에는 사멸상태였으나, 냉장저장 2주후부터 다시 증식하기 시작하였고, 3 kGy 이상의 선량에서는 완전 사멸되었다(Table 2). 냉동저장의 경우에는 비조사균이 초기 1개월까지  $2.1 \times 10^2$  CFU/g 검출되었으나 그 후 자체내 사멸로 2개월째부터 전혀 균이 검출되지 않았고, 감마선 조사균의 경우는 전 저장기간에 걸쳐 *Listeria*의 오염은 관찰되지 않았다(Table 3).

이상으로 닭고기의 경우에는 3 kGy의 감마선 조사로 대장균을 검출한계 이하로 감소시킬 수 있었고 7 kGy 이상의 조사로 모든 오염미생물은 완전히 사멸시킬 수 있었다. 또한, 감마선 조사후 냉동저장의 병용은 육제품의 초기살균과 미생물의 생육억제에 매우 효과적임을 알 수 있었다.

### 3. pH 및 산도 변화

감마선 조사와 저장기간에 따른 pH 변화는 <Table 4>와 같이 냉장저장시 초기 pH는 조사선량에 관계없이 감마선 조사 직후에는 비조사군이나 감마선 조사군간에 변화를 나타내지 않았으나 냉장의 경우 저장기간이 경과함에 따라서 모든 시험군에서 pH 값이 증가하는 경향을 보였다(Table 4). 이 같은 결과는 냉장 쇠고기의 pH 변화에 대한 김 등<sup>21)</sup>의 연구에서 쇠고기를 냉장저장하였을 때 저장초기 pH 값 5.5에서 점차 상승한다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였고, 이러한 pH의 증가는 Dahl<sup>22)</sup>에 의하면 저장기간이 경과함에 따라 쇠고기 주성분인 단백질이 암모니아, 인돌 등의 알칼리성 물질 등으로 분해로 인한 결과로 보았다. 냉동저장시(Table 4) 비조사군의 경우 저장기간에 따라 다소 감소하는 경향이며, 닭고기는 초기 pH 6.2에서 6.0이었으며 감마선 조사군의 경우에는 저장기간에 따른 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 한편, 냉동저장중 pH의 감소는 시료의 지방질 성분이 산화되어 생성된 유리지방산의 영향으로 보고되고 있다<sup>23)</sup>.

<Table 4> Changes in pH of nonirradiated and irradiated chicken during storage at 5℃ and -20℃

Sample	Irradiation dose (kGy)	Storage period							
		5℃ (weeks)				-20℃ (months)			
		0	2	4	8	1	2	4	6
Chicken	0	6.1 <sup>1)</sup>	6.1	6.5	6.5	6.2	6.0	6.0	6.1
	3	6.0	6.0	6.1	6.3	6.0	6.0	6.0	6.0
	7	6.0	6.0	6.1	6.2	6.0	6.0	6.0	6.0

<sup>1)</sup> Each value represents the mean of duplicate determinations.

<Table 5> Changes in acidity of nonirradiated and irradiated chicken during storage at 5℃ and -20℃

Sample	Irradiation dose (kGy)	Storage period							
		5℃ (weeks)				-20℃ (months)			
		0	2	4	8	1	2	4	6
Chicken	0	11.2 <sup>1)</sup>	10.0	9.6	9.8	11.5	11.9	11.8	11.9
	3	11.3	11.5	11.0	10.6	11.9	11.8	11.3	11.6
	7	11.3	11.4	11.2	10.8	11.8	11.3	11.9	11.5

<sup>1)</sup> Each value represents the mean of duplicate determinations and expressed as titration ml 0.05N NaOH.

적정산도에 있어서도 pH 변화와 동일한 경향으로 감마선 조사 직후에는 각 시험군간에 큰 변화가 없었으나 냉장 저장기간이 경과함에 따라 산도의 감소현상을 보

였다. 냉동저장에 따른 산도는 비조사군의 경우에는 증가현상을 보였으나, 감마선 조사군에서는 뚜렷한 경향없이 증가 또는 감소하였다(Table 5).

이러한 결과로 본 실험에서 사용된 살균선량의 감마선 조사는 시료의 pH 및 산도에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었으며, 냉장 및 냉동저장에 있어서도 비조사군보다 안정된 수치를 나타내었다.

#### IV. 요약 및 결론

감마선 조사 살균방법을 이용한 닭고기의 위생화를 목적으로 오염미생물의 살균에 미치는 감마선의 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 닭고기의 초기 미생물의 오염도는 대장균군  $1.8 \times 10^4$  CFU/g, *Salmonella*  $2.2 \times 10^3$  CFU/g, *Listeria*  $2.7 \times 10^2$  CFU/g으로 비교적 높은 초기 오염도를 보였고, 특히 식품위생 지표세균인 대장균군도 상당히 많이 검출되어 이에 대한 적절한 위생화와 살균 공정이 요구되었다. 감마선 조사에 따른 닭고기 오염미생물의 살균효과는 3 kGy의 감마선 조사로 대장균수를 검출한계 이하로 감소시킬 수 있었으며, 특히 7 kGy 이상의 조사로 모든 오염미생물은 완전히 사멸시킬 수 있었다. pH 및 산도의 경우에는 감마선 조사에 대한 영향은 없었으나 저장기간이 경과함에 따라 pH는 증가하고, 산도는 감소하는 경향을 보였다.

#### 참고문헌

1. Roberts, D. (1990) : Sources of Infection. *Food Control*, 336: pp.859-864.
2. 최양일 (1992) : 인산염이 조리된 재조직 닭고기 제품의 결착성 및 저장성에 미치는 영향. *한국축산학회지*, 34: pp.307-315.
3. Gill, C. O. and Harrison, J. C. L. (1989) : The Storage Life of Chilled Pork Packaged under Carbon Dioxide. *Meat Sci.*, 26: pp.313-319.
4. Hart, C. D., Mead, G. C. and Norris, A. P. (1991) : Effect of Gaseous environment and Temperature on the Storage Behavior of *Listeria Monocytogenes* on Chicken Breast Meat. *J. Appl Bacteriol*, 70: pp.40-49.
5. Winger, R. J. and Fennema, O. (1976) : Tenderness and Water Holding Properties of Beef Muscle as Influenced by Freezing and Subsequent Storage at  $-3$  or  $15^\circ\text{C}$ . *J. Food Sci.*, 41: pp.1433-1439.
6. Yamamoto, K. and Samejima, K. (1977) : A Comparative Study of the Change in Hem Pectoral Muscle during Storage at  $4^\circ\text{C}$  and  $-2^\circ\text{C}$ . *J. Food Sci.*, 42: pp.1642-1647.
7. WHO-Food Irradiation (1988) : A Technique for Preserving and Improving the



Safety of Food Geneva.

8. 김대진, 이신호, 김수민, 석영수, 성삼경 (1996) : 포장방법이 냉장 쇠고기의 이화학적 성질 변화에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 25(6): pp.944-952.
9. AOAC Methods of Analysis (1980), 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
10. Kampelmacher, E. H. (1981) : Prospects of Eliminating Pathogens by the Process of Food Irradiation., In: Combination Processes in Food Irradiation, Proceedings of a Symposium Held in Columbo., November 1980, Vienna, IAEA., pp.265-289.
11. Rey, C. B. and Kraft, A. A. (1971) : *J. Food Sci.*, 36: pp.454-451.
12. Mulder, R.W.A.W. (1976) : Radiation Inactivation of *Salmonella panama* and *Escherichia coli* K12 Present on-deep Frozen Broiler Carcasses. *European J. Appl. Microbiol.*, 3: pp.63-68.
13. 조한옥, 이미경, 변명우, 권중호, 김종군 (1985) : 닭고기에 오염된 미생물의 감마선 살균. *한국식품과학회지*, 17(3): pp.170-176.
14. El-Wakeil, F. A., Sulwa, B. M., El-Maydi and Nadia, A. M., Salama (1978) : Food Preservation by Irradiation. Vienna, IAEA-SM-221/10, p.467.
15. 박구부, 하동기, 정선부 (1996) : 포장방법이 동결계육의 저장성 및 미생물의 증식에 미치는 영향. *한국가금학회지*, 23(4): pp.203-209.
16. 박구부, 송도준, 이상진, 김용곤, 박태선, 신태순, 이정일 (1997) : 냉각방법과 포장방법이 냉장계육의 저장성 및 미생물 증식에 미치는 영향. *한국가금학회지*, 24(1): p.17.
17. Kahan, R. S. and Howker, J. J. (1978) : Food Preservation by Irradiation. IAEA-SM-22/36, Vienna, p.221.
18. Mossel, D. A. A., Schothorst, M. Van. and Kampelmacher, E. H. (1985) : Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation. IAEA, Vienna, p.43.
19. Josephson, E. S., Brynjolfsson, A., Wierkickl, E., Rowley, D. B., Merritt, C., Barker, R. W., Killoran, J. J. and Thomas, M. H. (1973) : Radiation Preservation of Food. IAEA, Vienna, p.471.
20. Elliott, R. P. and Michener, H. D. (1961) : *Appl. Microbiol.*, 9: pp.452-461.
21. 김천재 (1994) : 한우육의 고품질화를 위한 냉장, 냉동저장에 관한 연구 I, 냉동, 냉장에 따른 육색, 근질길이, 연도의 변화. *한국축산학회지*, 14: pp.151-157.
22. Dahl, Q. (1957) : Decomposition of Starch in Sausage Products, *Food Research*, 23: pp.161-164.
23. 日本 厚生省 (1960) : 食品衛生検査指針 1. 日本 厚生省.