

## 감마선 조사에 의한 수산 자숙액의 단백질 함량 변화

최종일 · 김현주 · 성낙윤 · 변의백 · 김재훈 · <sup>1</sup>전병수  
<sup>1</sup>안동현 · <sup>2</sup>조국연 · 변명우 · †이주운

한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소 방사선식품생명공학연구소, <sup>1</sup>부경대학교 식품생명공학부, <sup>2</sup>서울벤처정보대학원대학교  
(접수 : 2008. 3. 3., 게재승인 : 2008. 10. 17.)

## Changes of the Protein Contents of Seafood Cooking Drips by Gamma Irradiation

Jong-il Choi, Hyun-Joo Kim, Nak-Yun Sung, Eui-Baek Byun, Jae-Hun Kim, Byung-Soo Chun<sup>1</sup>,  
Dong-Hyun Ahn<sup>1</sup>, Kook Yeon Cho<sup>2</sup>, Myung-Woo Byun, and Ju-Woon Lee<sup>†</sup>

Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, 1266 Sinjeong-dong, Jeongeup, 580-185, Republic of Korea, <sup>1</sup>Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Republic of Korea, <sup>2</sup>Seoul University of Venture & Information, Seoul 135-090, Republic of Korea

(Received : 2008. 3. 3., Accepted : 2008. 10. 17.)

Although the seafood cooking drips were the byproducts from the fishery industry and being wasted, it had many nutrients including proteins. In this study, the effect of a gamma irradiation on the cooking drips from *Hizikia fusiformis*, *Enterocarpus dofleni* and *Thunnus thynnus* were investigated. The cooking drips were extracted with 70% ethanol solution, and the extracts were analysed for the protein concentration by three different methods of Lowry, BCA and Kjeldahl. The extracts were irradiated with different doses and the protein contents were compared with respect to the absorbed doses. Total content of the proteins was increased with increasing irradiation dose. The change of protein pattern in the irradiated cooking drips was also confirmed by SDS-PAGE analysis. These results shown that the proteins in cooking drips could be unfolded or aggregated by the irradiation. Therefore, gamma irradiation could be considered as an effective method for extracting useful proteins.

**Key Words** : cooking drip, gamma irradiation, protein

### 서 론

수산가공 공장에서 부산물로 얻어지는 자숙액은 툯 (*Hizikia fusiformis*), 문어 (*Enterocarpus dofleni*), 참치 (*Thunnus thynnus*) 등과 같은 해양 수산물의 가공 공정에서 다량으로 나오고 있다. 최근 생활수준의 향상과 맛벌이 부부의 증가와 같은 사회 변화에 따라 수산 가공품의 소비 비율이 증가하고 있는 추세이다(1). 그러나 이와 같은 수산 가공 제품의 제조 중에서 얻어지고 있는 자숙액의 대부분은 효율적으로 이용되지 못하고 폐기되고 있고, 이 중에서 참치 및 패류의 자숙액은 단순히 증발 농축

시키거나 진공 농축시켜 찐값으로 국내의 조미료 업계에 판매되거나, 일본 등에 식품 중간소재로 소량 수출되고 있는 실정이다(2). 하지만, 이러한 자숙액은 가공 공정 중에서 미생물에 의한 오염 가능성도 있다. 또한, 자숙액은 고농도의 유기물이 함유되어 있어서 폐수처리 시에 막대한 경비가 소요되어 가공 공장의 생산비를 가중시키며 수질환경 오염에도 큰 문제가 되고 있다. 그러나, 이들 자숙액에는 원료에 함유되어 있는 폴리페놀 및 단백질과 같은 유용 영양성분 및 기능성 성분이 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있어 이를 산업적으로 활용하기 위한 연구가 시급한 실정이다(3).

한편, 감마선 조사기술은 식품의 저장 중 영양 및 관능적인 품질의 저하 없이 병원성 및 부패성 미생물을 없애는 가장 효율적인 방법으로 알려져 있고(4), 전 세계적으로 그 사용이 증가하고 있다. 또한 감마선 조사기술은 잔류독성이 전혀 없고 식품 원래의 품질을 유지하면서 여러 가지 긍정적인 효과가 보고되고 있으며(5), 가공 적성 및 기능성 증진을 위해서까지 이용범위가 확대되고 있다(6). 최근 문어 제조 시 발생하는 자숙

† Corresponding Author : Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, 1266 Sinjeong-dong, Jeongeup, 580-185, Republic of Korea

Tel : +82-63-570-3204, Fax : +82-63-570-3207

E-mail : sjwlee@kaeri.re.kr

액에 감마선 조사를 적용한 결과 향산화 및 Tyrosinase 저해효과와 같은 생리활성이 증진한다는 연구결과가 보고되었다(7). 그러나 감마선 조사가 자숙액 내 있는 유용성분에 대해 미치는 영향에 관한 연구는 미진한 실정이다.

수산 자숙액에는 단백질 및 펩타이드와 같은 유용성분이 함유되어 있어 이를 활용한 고추장 및 조미 소스와 같은 기능성 식품 제조에 관한 연구가 일부 보고되고 있다(8, 9). 단백질이 함유된 식품에 감마선 조사를 하게 되면 조사 시 생성된 라디칼이 연쇄반응을 일으켜 단백질 분자의 변화가 일어나게 되고, 수분을 높게 함유한 경우에는 물 분자로부터 생성된 hydroxyl radical에 의해 단백질을 구성하는 아미노산과 각종 결합이 생성된다(10).

따라서 본 연구에서는 수산가공 폐자원인 톳 (*Hizikia fusiformis*), 문어 (*Enteroctopus dofeni*), 참치 (*Thunnus thynnus*) 자숙액의 산업적 활용 극대화 연구를 위해 감마선 조사가 톳, 문어 및 참치 자숙액의 단백질 함량에 미치는 영향을 알아보았다. 수산 자숙액의 위생화를 위한 뿐만 아니라 감마선 조사에 의한 자숙액의 단백질과 같은 유용성분의 향상 여부를 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 준비

본 연구에서 사용한 톳, 문어 및 참치 자숙액은 각각 영해산업, 우영수산 및 동원 F&B에서 구입하거나 제공받았다. 시료 내의 단백질은 70%의 에탄올을 이용하여 자숙액에 대한 70% 에탄올을 1:3 비율 (참치의 경우 1:10)로 추출한 다음 에탄올 추출액 상태에서 감마선 조사하였다.

### 단백질 정량실험

#### Lowry 방법

실험 전에 A (증류수 100 mL에 0.5 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 와 1 g  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  용해) 및 B (증류수 1 L에 20 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 4 g NaOH 용해) 용액을 제조하였다. 시료 0.5 mL에 2.5 mL의 C (1 mL A 용액과 50 mL B 용액) 용액을 가한 후 10분간 실온에 방치하였다. 그 후, D (10 mL Folin-Ciocalteu phenol reagent와 10 mL 증류수) 용액 0.25 mL을 가하여 혼합한 후 20분간 실온에 방치한 다음 분광광도계 (UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 bovine serum albumin (Sigma, St. Louis, MO)를 이용하여 검량곡선을 작성한 후 함량 계산에 활용하였다.

#### BCA 방법

시료 20  $\mu\text{L}$ 에 BCA 용액 (Copper II sulfate : Bicinchoninic acid=1 : 50) 160  $\mu\text{L}$ 를 가하여 37°C에서 1시간 방치 후 ELISA (Anthos Labtec Instruments GmbH, Salzburg, Austria)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 bovine serum albumin (Sigma)를 이용하여 검량곡선을 작성한 후 함량 계산에 활용하였다.

#### Kjeldahl 방법

시료 0.3 g을 정량하여 Kjeldahl 플라스크에 취하고, 여기에

비등석과 HgO 촉매, 진한  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 mL을 가하고 서서히 가열하여 분해하였다. 시료 분해액을 실온으로 냉각시킨 후 증류수 30 mL을 가하고, NaOH 용액을 넣어 Kjeldahl 증류장치에서 가열하여 증류되어 나오는 암모니아를  $\text{H}_3\text{BO}_3$ 가 들어있는 수기에 포집시켰다. 이 때 증류액이 250 mL 정도가 되면 암모니아는 거의 추출되어 나온 것으로 보았으며, 증류가 끝나면 청록색의 수용액이 회백색이 될 때까지 0.1 N HCl 용액으로 적정하여 아래 식에 따라 조단백질 함량으로 환산하였다.

$$\text{조단백질(\%)} = \frac{0.014 \times (V_1 - V_0) \times F \times D \times N}{S} \times 100$$

$V_1$  : 본 시험의 0.1 N HCl 용액의 적정 소비량 (mL)

$V_0$  : 공 시험의 0.1 N HCl 용액의 적정 소비량 (mL)

F : 0.1 N HCl 표준용액의 역가

D : 희석배수

N : 질소 계수 (6.25)

S : 시료의 채취량 (g)

### SDS-PAGE

Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE, 5~12% gradient gel)는 Laemmli의 방법(11)에 따라 감마선 조사된 수산자숙액의 전기영동적 분리 형태를 관찰하였다. 표준분자량 marker는 Bio-Rad사의 prestained molecular weight marker (250, 150, 100, 75, 50, 37, 25, 15 및 10 kDa)를 사용하였다.

### 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software(12)에서 프로그램에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산 분석을 한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 감마선 조사에 의한 수산 자숙액의 단백질 함량 변화

일반적으로 식품 원료에 함유된 단백질 함량을 측정하는 방법은 측정원리에 따라 매우 다양하게 알려져 있다. 이 중 가장 널리 사용되는 측정법들은 Lowry, BCA 및 Kjeldahl 정량법 등이 있다. Lowry법은 알칼리성에서 단백질의 peptide 결합과 구리가 반응하여  $\text{Cu}^+$ 이온을 생성하는 Biuret 반응의 원리를 이용한 실험법으로  $\text{Cu}^+$ 이온은 방향족 아미노산의 산화를 유도하여 Folin-Ciocalteu reagent (phosphomolybdate and phosphotungstate complex)를 푸른색의 heteropolymolybdenum blue로 환원하게 된다. BCA법은 Lowry법을 계량한 것으로 Folin 시약의 반응 대신에 Bicinchoninate (BCA)가  $\text{Cu}^{+}$ 와 복합체를 형성해 자색으로 발색하는 반응을 이용한다. Lowry법과 비교해서 방해물질 특히 계면활성제의 영향을 받지 않고 감도, 신뢰성, 직선성, 모두 향상된 방법이다. 또한 반응액이 알칼리성이기 때문에 homogeneity와 같은 지질을 많이 함유하고 있는 샘플도 가용화 되어 그대로 측정이 가능하다.

Kjeldahl 정량법은 식품 내의 단백질 정량에 가장 널리 이용되고 있는 실험법으로 수중에 질소함유 유기물을 분해 보조제

존재 하에서 황산을 가하여 가열하면 질소화합물을 황산암모니아로 변화시킨 후, NaOH를 가하여 증류하여 발생하는 암모니아를 일정한 과량의 붕산에 흡수시키고 0.1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>에 적정한다. Kjeldahl 방법으로는 유기성 질소의 대부분인 아미노산성 질소, 요소, 질소 및 암모니아성 질소는 해리되어 적정이 되지만 아질산성 질소, 질산성 질소는 정량되지 않는다(13).

이처럼 가장 널리 알려진 세 가지의 단백질 측정법을 이용하여 툷, 문어 및 참치 자숙액의 에탄올 추출물 내의 단백질 함량 변화를 Table 1에 제시하였다. 단백질 측정법에 따라 같은 자숙액 내의 단백질 함량 값의 차이가 관찰되었다. 툷 자숙액의 단백질 함량은 BCA 방법과 Lowry 방법으로는 각각 0.1720 µg/mL과 0.143 µg/mL로 측정이 되었으며, Kjeldahl 방법으로는 1.689 µg/mL로 측정되었다. 문어 자숙액에서는 각각 0.167 µg/mL, 0.177 µg/mL, 1.086 µg/mL로 측정이 되었으며, 참치 자숙액에서는 0.215 µg/mL, 0.206 µg/mL, 1.968 µg/mL로 측정되었다. BCA 방법과 Lowry 방법은 비슷한 단백질 함량을 보였으나, Kjeldahl 방법은 다른 두 방법과는 최대 10배 이상의 많은 차이를 보였다. BCA 방법은 Lowry 방법을 개량한 것이어서 서로 비슷한 함량을 보였지만, Kjeldahl 방법은 단백질 내의 질소 함량을 정량한 값이기 때문에 여러 질소원을 함유하고 있는 자숙액에서 다른 단백질 측정 방법보다 높은 함량을 보였다. 즉, 자숙액 내의 요소, 질소 및 암모니아성 질소가 해리되어 실험 시 증류반응에서 생성된 암모니아와 혼합되어 그 함량이 증가된 것이라고 판단된다.

**Table 1.** Total protein contents (µg/mL) of the gamma-irradiated extract from cooking drips of *Hizikia fusiformis*, *Enteroctopus dofleni* and *Thunnus thynnus* by various methods

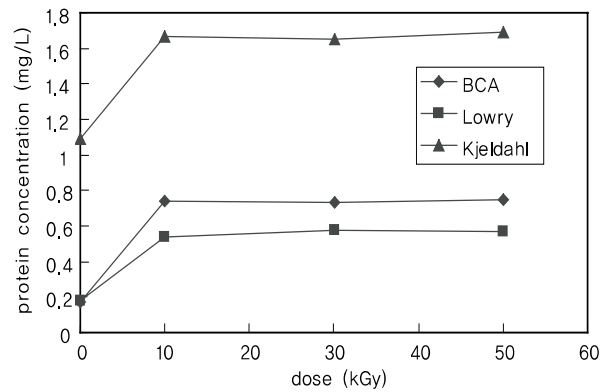
	Irradiation dose (kGy)	Protein content (µg/mL)		
		BCA	Lowry	Kjeldahl
<i>Hizikia fusiformis</i>	0	0.1720 <sup>a</sup>	0.143 <sup>a</sup>	1.689 <sup>a</sup>
	10	0.2150 <sup>b</sup>	0.217 <sup>b</sup>	3.480 <sup>b</sup>
<i>Enteroctopus dofleni</i>	0	0.1670 <sup>a</sup>	0.177 <sup>a</sup>	1.086 <sup>a</sup>
	10	0.7350 <sup>b</sup>	0.538 <sup>b</sup>	1.674 <sup>b</sup>
<i>Thunnus thynnus</i>	0	0.2150 <sup>a</sup>	0.206 <sup>a</sup>	1.968 <sup>a</sup>
	10	0.5560 <sup>b</sup>	0.538 <sup>b</sup>	2.408 <sup>b</sup>

<sup>a-b</sup>Values with different letters within the same column differ significantly (p < 0.05).

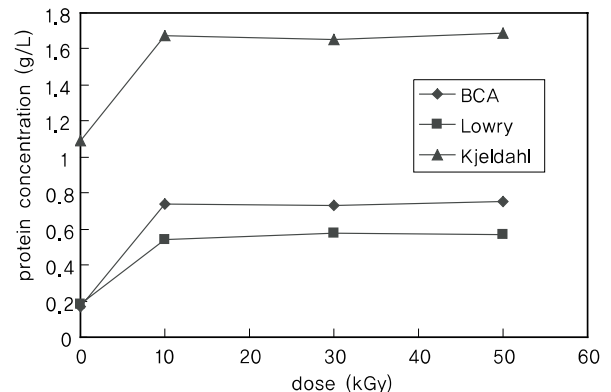
세 종의 자숙액을 10 kGy의 선량으로 감마선 조사한 후의 단백질 함량을 측정하였다. 실험 결과 세 종의 자숙액 모두 조사 처리군이 비조사군보다 단백질 함량이 증가하였다. 감마선 조사 후의 단백질 함량의 결과는 Table 1에 나타내었다. 하지만, 각각의 단백질 함량 측정 방법에 따른 비조사구에 대한 조사 처리군의 증가율은 일정하지 않은 것으로 나타났다. 툷 자숙액의 경우 10 kGy의 감마선 조사에 따라 단백질 함량은 BCA 방법으로는 1.25배, Lowry 방법으로는 1.51배 증가하였으나, Kjeldahl 방법으로는 2.06배 증가하여, Kjeldahl 방법으로 정량화 할 경우 가장 높은 단백질 함량의 증가가 확인되었다. 하지만, 문어 자숙액과 참치 자숙액의 경우는 BCA 방법과 Lowry 방법에 의한 단백질 정량 결과가 Kjeldahl 방법보다 높은 증가를 보였다. 또한 자숙액의 단백질 함량의 증가도 다른 것으로 나타났다. 문어 자숙액의 경우 단백질 함량의

증가는 4.4배에서 1.54배의 증가가, 참치 자숙액의 경우 2.61배에서 1.22배의 증가가, 툷 자숙액에서는 2.06배에서 1.25배의 증가가 확인 되었다.

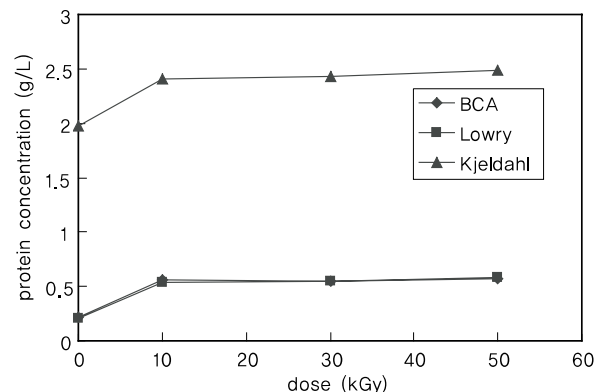
Fig. 1에서는 감마선 선량에 따른 툷, 문어, 참치 자숙액의 단백질 함량의 변화를 나타내었다. 그림에서 보이듯이 단백질의 함량은 10 kGy 이상에서는 선량의 증가에 따라 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.



(a) *Hizikia fusiformis*



(b) *Enteroctopus dofleni*



(c) *Thunnus thynnus*

**Figure 1.** The profiles of protein content of cooking drip extracts from (A) *Hizikia fusiformis*, (B) *Enteroctopus dofleni*, and (C) *Thunnus thynnus* by irradiation doses. The protein contents were determined by BCA (-◆-), Lowry (-■-), and Kjeldahl (-▲-) methods, respectively.

자숙액의 건강 기능성에 관여하는 peptide와 맛에 관여하는 유리아미노산의 전구물질이라 할 수 있는 단백질 함량 변화는 매우 중요하다 할 수 있다(14). Oh 등(3)에 따르면 수산 자숙

농축액에 함유된 단백질 함량을 측정된 결과 참치 자숙액이 18.2%로 가장 많았고, 문어 및 굴 자숙액은 각각 7.4 및 6.8% 였다고 보고하였다. 또한 Kim 등(15)은 굴 자숙 농축액의 조 단백질 함량은 4.0%라고 밝혀 본 연구결과와 함량의 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 자숙 시 사용한 원료의 양, 어획지, 어체의 크기 및 자숙조건 등의 차이 때문이라고 생각된다.

감마선 조사에 의해 수산 자숙액 내 단백질 함량이 증가하였는데 이는 이전에 보고된 감마선 조사에 의한 육단백질의 함유량은 차이가 없다는 보고와 상반된 결과(16)였다. 그러나 일부 연구에 따르면 감마선 조사에 의해 고기의 유리 아미노산 함량이 증가하였다고 보고하였고(17-18). 감마선 조사에 의한 계육 내 아미노산 함량이 조사하는 동안 단백질 가수분해 효소가 활성화되면서 조직구조가 일부 변형되어 일부 아미노산의 함량이 증가하였다고 밝혔다(19). 감마선 조사한 수산 자숙액의 경우 역시 일부 조직구조가 변형되었거나 감마선 조사에 의한 단백질 추출 효율의 증가로 단백질 함량이 증가한 것으로 생각된다. 하지만, 감마선 조사에 따른 자숙액 추출물내의 단백질 함량의 증가에 대한 정확한 원인은 아직까지 밝혀져 있지 않고 있다. 본 연구로부터 감마선 조사에 의해 수산 자숙액 내 함유된 단백질과 같은 유용성분이 증가되어 식품 및 공중보건산물의 첨가제로 다양하게 적용할 수 있을 것이라고 사료된다.

단백질이 감마선 조사에 의해 농도가 소폭 증가한 것을 확인하였다. 반면 문어 자숙액의 경우 38 kDa 분자량의 단백질은 조사에 의해 농도가 감소하였으나 98 kDa의 분자량의 경우 조사에 의해 단백질의 농도가 크게 증가한 것을 확인할 수 있었다. 38 kDa과 98 kDa 크기의 단백질에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다. 그러나 참치 자숙액의 경우 band 상에서 관찰되지 않았는데 이는 시료 내의 지방함량이 많아 다른 자숙액과 동일한 조건에서의 겔에 검출되지 않은 것으로 생각된다. 감마선 조사에 의한 단백질의 변화는 ovalbumin(20) 및 우유 단백질(21)에서도 유사하게 보고되었다. 산소의 존재 하에서 단백질에 방사선을 조사하게 되면 저분자량으로 소편화되거나 고분자량으로 응집하여, 이는 단백질 간의 cross-linking 과 소수성 결합에 의해 일어난다고 보고된 바 있다(22). Davies(23)는 17종의 단백질에서  $\cdot\text{OH} + \text{O}_2^- (+\text{O}_2)$ 에 의한 소편화가 일어났으며  $\cdot\text{OH}$ 에 의해 형성된 공유결합으로 응집현상이 일어났다고 밝혔다. 이러한 선행 연구들은 감마선 조사에 의한 자숙액의 단백질 함량의 증가가 단백질의 응집이나 저분자화에 기인한다고 예측할 수 있게 하지만, 추후 이에 대한 메커니즘을 규명하기 위한 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

## 요 약

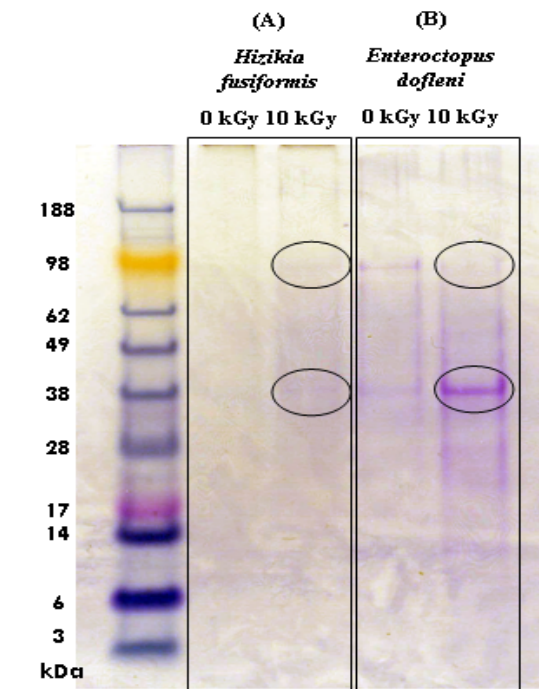
수산가공 폐자원인 수산 자숙액의 산업적 활용 극대화 방안의 연구 일환으로 감마선 조사가 수산 자숙액 내 단백질 성분에 미치는 영향을 알아보기 위해 돛, 문어 및 참치 자숙액을 감마선 조사하여 단백질 정량 및 SDS-PAGE를 진행하였다. Lowry, BCA 및 Kjeldahl 법에 의한 단백질 정량 실험 결과 감마선 조사에 의해 수산 자숙액 단백질의 함량이 증가된 것으로 확인되었다. 또한 단백질 함량은 10 kGy 이상에서는 선량에 따라 일정한 값을 가졌다. 이를 토대로 각각의 자숙액을 SDS-PAGE를 이용한 전기영동적 분리정도를 확인한 결과 감마선 조사에 의해 단백질의 응집과 저분자화가 관찰되었다. 이상의 결과를 볼 때 감마선 조사에 의해 수산 자숙액의 단백질 추출 효율이 증가한 것으로 판단되며 추후 감마선 조사에 의해 증가된 단백질의 동정 및 구조변화 등의 후속연구가 필요하다고 사료된다.

## 감 사

본 연구는 해양수산부 marinbio 21사업의 해양바이오프로세스연구단 연구비 지원 (과제관리번호 M2007-05)에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Kim, J. S., D. M. Yeum, H. G. Kang, I. S. Kim, C. S. Kong, T. G. Lee, and M. S. Heu (2002), Fundamentals and Applications for Canned foods. Hyoil Publishing Co., Seoul. pp351-360.
- Kim, J. S., M. S. Heu, and D. M. Yeum (2001), Component characteristics of canned oyster processing waste water as a food resource. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 299-306.



**Figure 2.** SDS-PAGE profiles of gamma-irradiated extract from cooking drips of (A) *Hizikia fusiformis* and (B) *Enterocoptopus dofleni*. The samples with the same amount (4.4  $\mu\text{g}$  proteins/lane) were irradiated and loaded. 'M' means molecular weight standard markers.

## SDS-PAGE

감마선 조사한 수산 자숙액의 전기영동적 분리형태를 관찰하였다(Fig. 2). 같은 양의 단백질 함량을 갖는 자숙액을 비조사군과 10 kGy의 선량으로 조사한 조사군을 동결건조한 후 증류수에 용해하여 실험에 사용하였다. 실험 결과 돛 자숙액의 경우 표준물질과 비교하였을 때 38 및 98 kDa의 분자량의

3. Oh, H. S., K. T. Kang, H. S. Kim, J. H. Lee, S. J. Jee, J. H. Ha., J. S. Kim, and M. S. Heu (2007), Food component characteristics of seafood cooking drips. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **36**(5), 595-602.
4. Byun, M. W. (1994), Application of irradiation techniques to food industry. *Radioisotope news* **9**, 32-37.
5. Thayer, D. W. (1990), Food irradiation: Benefits and concerns. *J. Food Qual.* **13**, 147-169.
6. Lee, J. W., H. S. Yook, and K. H. Cho (2001), The change of allergenic and antigenic properties of egg white albumin (*Gal dl*) by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 500-504.
7. Kim, H. J., J. I. Choi, H. S. Lee, J. H. Kim, M. W. Byun, B. S. Chun, D. H. Ahn, H. S. Yook, and J. W. Lee (2007), Improvement of Physiological Activity of the Ethanol Extract from Boiled-water of *Enteroctopus dofleini* by Gamma Irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **36**(12), 1612-1616.
8. Oh, H. S., J. S. Kim, H. S. Kim, S. J. Jee, J. H. Lee, I. K. Chung, K. T. Kang, and M. S. Heu (2007), Improvement on the quality and functionality of *Skipjack tuna* cooking drip using commercial enzymes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **36**(7), 881-888.
9. Oh, H. S., J. S. Kim, and M. S. Heu (2007), Preparation of functional seasoning sauce using enzymatic hydrolysates from *Skipjack tuna* cooking drip. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **36**(6), 766-772.
10. Simic, M. G. (1978), Radiation chemistry of amino acids and peptides in aqueous solutions. *J. Agric. Food Chem.* **26**, 6.
11. Laemmli, U. K. (1970), Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* **227**, 680-685.
12. SPSS. (1970), Statistical Package for the Social Sciences, Norman.
13. Chae, S. G., G. S. Kang, S. J. Ma, K. W. Bang, M. H. Oh, and S. H. Oh (2003), Standard food analysis. Ji-gu publishing Co.
14. Ahn, C. B. and H. R. Kim (1996), Processing of the extract powder using skipjack cooking juice and its taste compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 696-701.
15. Kim, J. S., M. S. Heu, and D. M. Yeum (2001), Component characteristics of canned oyster processing waste water as a food resource. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 299-206.
16. Yook, H. S., M. R. Kim, J. O. Kim, S. I. Lim, and M. W. Byun (1998), Effects of  $\gamma$ -irradiation meat proteins. *J. Korean Soc. Food Sci. Technol.* **30**(2), 407-412.
17. Nene, S. P., U. K. Vakil, and A. Sreenivasan (1975), Effect of gamma irradiation on red gram (*Cajanus cajan*) protein. *J. Food Sci.* **40**, 815-819.
18. Hassan, M. I., R. A. Hegazy, and A. E. Mahmoud (1990), Changes in free amino acids during cold storage of irradiated chicken. *Anal. Agric. Sci. Ain. Shams.* **35**, 359-372.
19. Ronsivalli, L. J., F. J. King, V. G. Ampola, and J. A. Holstont (1971), Food irradiation. Study of irradiated pasteurized fishery products. *Int. Radiat. Technol.* **8**, 321-340.
20. Byun, M. W., J. H. Seo, J. H. Kim, M. R. Kim, N. S. Oh, and J. W. Lee (2004), The comparison of a conformational alteration of ovalbumin irradiated with radiation of gamma and electron beam. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**(7), 1169-1174.
21. Cho, K. H., H. S. Yook, J. W. Lee, S. Y. Lee, and M. W. Byun (2001), Changes of binding ability of milk-hypersensitive patients' IgE to gamma-irradiated milk proteins. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 505-509.
22. Garrison, W. M. (1987), Reaction mechanisms in the radiolysis of peptides, polypeptides, and proteins. *Chem. Review* **87**, 381-398.
23. Davies, K. J. (1987), Protein damage and degradation by oxygen radicals: I. General aspects. *J. Biol. Chem.* **262**, 9895-9901.