

## RT융합기술을 이용한 식품 및 생물소재의 브랜드화

조 철 훈 박사

한국원자력연구소 방사선연구원

### I. 서 론

식품의 방사선 조사기술은 지난 반세기동안 선진국 중심의 다각적인 연구에 의하여 발전되어 왔으며 현재의 어떤 위생화 처리방법보다도 효과적이고 미생물학적, 독성학적, 유전학적, 영양학적 안전성이 확보된 유용한 기술로 평가되고 있다. 현재 방사선 식품조사 기술의 이용확대 전망은 국내·외 추세로 볼 때 잠재력이 매우 큰 것으로 평가된다. 방사선 조사를 이용한 축산식품의 위생화 연구 또한 미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 수 십 년간 수행되어 왔으며 이제는 국제적인 실용화 단계를 눈앞에 두고 있다.

최근들어 식품생명공학분야에서 한국원자력연구소 방사선연구원은 방사선과 타 기술의 융합을 통한 새로운 연구분야 즉 유해성분의 저감, 항알러지 식품 및 기능성 신소재 개발 등의 산업 적용가능성을 제시하고 있으며, 일부는 산업적으로 활용되고 있다(Jo et al., 2001). 감마선을 이용하여 유지 제조 공정 중 잔류 클로로필을 효과적으로 제거하고(Byun et al., 2002), 이 메카니즘을 응용하여 천연 신소재의 바람직하지 못한 색상과 냄새를 개선하여 기능성이 뛰어난 공중보건소재의 산업적용성을 높이는 기술(Jo et al., 2003)이 소개되었다. 또한 천연

고분자를 방사선을 이용하여 가공공정을 개선하고 올리고머를 제조하여 식품 및 공중보건산물의 기능성 소재로 활용할 수 있는 기술도 소개되었다.

본 발표에서는 현재 한국원자력연구소 방사선연구원 중심으로 진행되고 있는 식품의 위생화 외에 방사선 융합기술을 이용한 새로운 가공방법 개발의 가능성을 제시한 연구결과를 소개하고 앞으로 지역 농축산물 특성화를 위한 브랜드 개발에서 방사선융합기술을 특화한 신가공기술과 제품 개발의 미래를 보고자 한다.

### II. 방사선 이용 식품 위해물질 제거 및 저감화 기술

#### 1. 알러지 제거 및 저감효과 및 이를 이용한 저알러지 식품개발

식품 알러지는 '전신적인 알러지 반응'이며, 아나필락시스 쇼크(anaphylaxis shock)과 같이 임상 증상이 위중한 경우도 드물지 않게 나타난다. 식습관과 환경의 변화로 식품알러지 환자가 급증하고 있으며, 심한 경우 사망에 이르기까지 하는 면역관련 질환으로 인정되면서 일반인들의 우려가 증가하고 있다. 식품 알러지의 치료로는 원인 식품을 모두 섭취하

지 않는 것이 유일한 방법으로 알려져 왔다. 그러나, 균형있는 영양의 공급과 바람직한 식생활의 향상을 위해서는 원인식품을 피하는 것만이 문제해결은 아니다 (Lee et al., 1996).

식품알러지를 억제하거나 없애기 위한 방법으로 현재까지 보고된 방법들은 우유에 국한하여 allergen들을 효소적 가수분해하여 면역성과 항원성을 없애 식품에 첨가하는 기술이 개발되어 이용되고 있고, 알러지 유발 곡류 등의 유전자를 조작하여 원인단백질을 제거하거나 변형시킨 유전자 재조합 식품을 개발한 사례가 있다. 효소를 이용한 방법은 구성단백질이 거의 분해된 상태로 이용되기 때문에 원래의 식품학적 물성을 기대하기는 매우 어려우며, 단지 가공식품의 첨가물로서 일부분만이 사용되고 있는 실정이다 (Lee et al., 1997). 지금까지 알려진 allergen들은 열처리에 매우 안정한 것으로 보고되고 있고, 가열처리에 의한 항원성의 상실을 기대하기가 매우 어렵다. 또한, 알레르기를 없애기 위해 과도한 pH의 변화와 이온강도를 조절하더라도 항원성을 없애기는 매우 어려우며, 식품의 물성 및 풍미를 해치기 때문에 그 이용에 한계가 있다.

최근 방사선 조사에 의한 단백질 구조변화를 야기시켜 단백질의 항원성을 변경시키는 연구가 보고되고 있어, 방사선 조사를 이용한 단백질 항원의 구조 변화를 통해 allergen과 IgE의 결합능을 저해시킬 수 있다(Lee et al., 2002). 대부분의 알러지 유발식품들은 위생화 및 저장 안정성 확보를 목적으로 방사선 조사가 허가된 식품군에 속하지만, 알러지 억제를 위한 최적 적용선량 및 처리 방법 등이 전혀 확보되어 있지 않은 상태이다.

식품 알레르기의 치료로는 원인 식품을 모두 섭취하지 않는 것이 유일한 방법으로 알려져 왔으나, 균형 있는 영양의 공급과 바람직한 식생활의 향상을 위해서는 원인식품을 피하는 것만이 문제해결은 아니며, 식품알레르기를 억제하거나 없애기 위한 방법으로서 유발식품을 효소적 가수분해하여 면역

성과 항원성을 없애 식품에 첨가하는 기술이나 유전자 조작에 의한 원인물질의 제거 및 변형 등을 이용한 방법이 소개되었으나, 넓은 범위로 적용하는 것이 매우 어렵고 고비용과 많은 시간을 요구하기 때문에 간편하고 효율적인 다른 방법이 필요하다.

국내외적으로 그 안전성과 경제적 타당성이 공인되고 있는 방사선 식품조사 기술을 항알러지 식품 개발에 적용한다면 국제적으로 통용될 수 있는 미생물학적 안전성, 기생충 억제, 저장기간 연장, 관능적 품질개선 등의 효과뿐만 아니라 식품알러지 유발가능성이 제거된 식품 생산에 방사선 조사기술을 이용하는 논리적 근거와 정당성에 기초한 산업화 기반 연구가 확대될 추세이다. 이에 방사선 조사기술을 확대이용하기 위해서는 소비자의 수용성 및 제품자체의 기호성 저하 등 몇가지 단점을 보완하기 위한 연구가 필요시 되며, 이 연구를 통하여 식품알러지를 유발하는 원인을 제거하여 안전한 식품 공급과 소비가 이루어질 수 있는 연구가 필요하며, 이 연구를 통하여 식품의 이용확대 및 소실자원 활용의 결과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 무엇보다도 식품알러지로 고통받고 있는 많은 환자들에게 좀더 다양한 식품을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

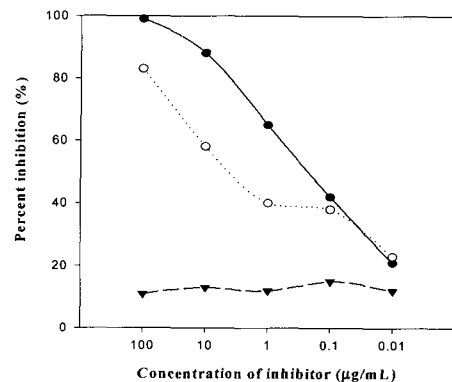


Figure 1. Ovalbumin (OVA) IgE ELISA inhibition assay with native- and irradiated- OVA. The binding capacities of irradiated-OVA was only 1/80 of the controls (50% inhibition concentration: OVA-0.1 µg/mL, irradiated OVA-8 µg/mL), respectively. ●, native OVA; ○, irradiated OVA; ▼, β-lactoglobulin.

## 2. 발암성 나이트로자민 제거 및 생성 억제

현재까지 나이트로자민 생성 억제에 관한 연구는 ascorbic acid 및 tocopherol 등의 산화환원 화합물 또는 polyphenol 류 등을 첨가하여 아질산염을 nitric oxide 형태로 환원시켜 나이트로자민의 생성반응을 제거하는 방향으로 진행되고 있다(Cassens, 1995; Bartech et al., 1988). 이와 같이 나이트로자민 생성의 전구체로 작용하는 아질산염을 소거하고자 하는 연구는 많이 보고되고 있지만, 식품의 가공단계나 저장 중에 이미 생성된 나이트로자민을 감소 혹은 제거하는 연구는 아직 뚜렷한 성과를 찾아보기 힘든 실정이다. Wierbicki와 Brynjolfsson(1979)은 방사선 조사에 의해 살균처리된 염지 육가공 제품 중의 나이트로자민 및 잔류 아질산염 함량이 감소하였다고 보고한 바 있는데, 나이트로자민의 화학적 photolysis 특성(Deng et al., 1998)을 고려할 때 매우 흥미로운 연구결과라고 할 수 있다.

식품 중 가장 빈번하게 보고되고 있는 nitrosodimethylamine (NDMA)와 nitrosopyrrolidine (NPYR)을 이용한 실험에서 감마선 조사 직후 각 용매에 따른 영향을 본 결과 ethanol에 용해된 NDMA 및 NPYR은 감마선 조사에 대한 안정성이 높은 것으로 나타났다. NDMA의 경우 20 kGy의 선량에서 90% 이상의 파괴율을 보였으며, NPYR은 10 kGy 이상에서 약 91%가 파괴되는 것으로 나타나 비교적 고선량에서 파괴되었다. Dichloromethane에 용해된 NDMA는 10 kGy의 감마선 조사에서 99%의 파괴율을 보였으며, NPYR은 2.5 kGy에서 완전히 파괴되어 감마선 조사에 의한 radiolysis 반응이 잘 일어나는 것으로 나타났다. 증류수에 용해된 NDMA 및 NPYR의 경우에도 5 kGy 이상의 선량에서 완전히 소실되는 것으로 나타났으며, 2.5 kGy 감마선 조사시 65 - 84%가 파괴되었다. 특히 증류수에 용해되어 있을 경우 감마선 조사에 의해 5 kGy 이하의 저선량에서도 쉽게 파괴되는 경향을 보여, 발암성 나이트로자민이 함유된 식품에 감마선 조사기술을 이용할 때 식품중의 나이트로자민 함량을 낮출 수 있어 식품의 안전

성을 높일 수 있는 가능성을 보여주었다.

감마선 조사에 의해 파괴된 NDMA 및 NPYR의 재생성 반응을 in vitro 방법으로 위액 pH 조건에서 측정된 결과 NDMA 및 NPYR이 전혀 재생성되지 않았으며, 아질산염을 첨가하여 반응시켰을 경우 pH 2와 3에서 50% 가량 재생성되는 것이 확인되었다. 그러나 pH 4에서는 NDMA 재생성율이 낮아 pH가 중요한 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 아질산염은 나이트로자민의 전구물질로서 직접적으로 작용하지 않고 산성조건에서 여러 반응을 거쳐 활성화된 dinitrogen trioxide 및 dinitrogen tetraoxide로 전환될때 2급 아민과 반응하여 나이트로자민을 형성하게 된다(Francis, 2000).

Table 1. Monitoring of residual nitrite levels (ppm) of sausage prepared with 150 ppm sodium nitrite in different packaging and irradiation doses during processing and storage

Storage (wk)	Packaging	Irradiation dose (kGy)				SEM
		0	5	10	20	
0	Processing	122.7ax	122.7	122.7	122.7	1.98
	Aerobic	81.2ax	74.2ab	64.5bx	54.6c	2.25
	Vacuum	66.8ay	64.0a	57.6by	45.6c	0.79
	SEM	1.01	1.76	0.64	2.62	
1	Aerobic	80.5a	73.4b	65.5c	62.6dx	0.69
	Vacuum	74.8a	63.2ab	57.6b	49.0by	3.97
	SEM	0.98	4.48	3.34	0.60	
	Aerobic	85.8a	77.7bx	71.8b	62.1cx	1.67
2	Vacuum	79.3a	69.9by	66.7b	49.0cy	2.12
	SEM	2.83	0.88	1.43	1.95	
	Aerobic	79.5a	73.7bx	65.2cx	57.4dx	1.08
	Vacuum	66.7a	54.5by	47.4cy	41.5cy	1.46
3	SEM	1.29	1.08	0.60	0.54	
	Aerobic	55.7ax	48.0bx	44.3cx	39.2d	0.85
	Vacuum	40.1ay	34.4aby	32.2by	24.2c	1.91
	SEM	0.82	1.01	0.80	2.53	

- a Standard errors of the mean (n = 8), b Standard errors of the mean (n = 4).
- c Nitrite level was analyzed immediately after emulsification.
- d Different letters (a-d) within a same row differ significantly (P<0.05).
- e Different letters (x,y) within a same column differ significantly (P<0.05).

이상의 결과 감마선 조사 시 나이트로자민의 구조 중 결합세기가 가장 낮은 N-NO 결합이 파괴될 가능성이 가장 높으며 유리된 NO는 나이트로자민 형성에 직접적으로 관여하지 않기 때문에 본 실험의 결과에서처럼 2차 생성에 대한 가능성은 매우 희박할 것으로 생각된다(Ahn et al., 200b).

유화형 소시지를 제조한 후 세 가지 포장방법을 이용하여 포장하고 저장기간 중 잔류 아질산염의 함량을 측정한 결과 감마선 조사에 의해 유의적으로 감소하였다. 이는 나이트로자민 제거와 함께 주

요 전구체인 잔류 아질산염의 저감에도 방사선 조사가 효과적임을 보여준다. 또한 CO<sub>2</sub> 포장구가 잔류 아질산염 함량 감소효과에 가장 뛰어난 결과를 얻어 감마선과 CO<sub>2</sub> 포장을 병용처리한다면 소시지 제조시 미생물 제어 및 잔류 아질산염을 감소시켜 소비자에게 더욱 안전한 식품을 공급할 수 있을 것이다(Jo et al., 2002).

결론적으로 감마선 조사는 아질산염을 소거하는 새로운 기술로 사용될 수 있으며 조사분해된 아질산염은 발암성 나이트로자민 생성의 전구물질로 작용하지 않아 식품에 대한 적용연구가 수행된다면 감마선 조사기술을 식품의 유해성분 저감화에 이용할 수 있을 것이다.

Table 2 N-nitrosodimethylamine (NDMA) and N-nitrosopyrrolidine (NPYR) levels (ppb) of sausage prepared with 150 ppm sodium nitrite in different packaging and irradiation dose during storage

Storage (wk)	Packaging	Irradiation dose (kGy)				SEM
		0	5	10	20	
0	NDMA					
	Aerobic	5.0	3.6	3.1	1.4	1.35
	Vacuum	4.6	3.6	2.6	1.9	1.03
	SEM	1.45	0.80	1.25	1.21	
	NPYR					
	Aerobic	2.9	ND	ND	ND	
4	Vacuum	1.6	ND	ND	ND	
	SEM	1.14	-	-	-	
	NDMA					
	Aerobic	16.4	11.1	7.9	4.7	8.91
	Vacuum	11.6a	11.2ab	5.2ab	NDb	
	SEM	9.60	7.92	6.74	3.33	
4	NPYR					
	Aerobic	24.9a	3.3b	NDb	NDb	2.81
	Vacuum	12.7a	12.1a	3.1b	NDb	2.22
	SEM	3.50	2.94	2.17	-	

a Standard errors of the mean (n = 8).  
 b Standard errors of the mean (n = 4).  
 c Not detected.  
 d Different letters (a, b) within a same row differ significantly (P<0.05).

### 3. Biogenic amine(BA)의 제거 및 저감

식품에서 발견되는 biogenic amine으로는 putrescine, cadaverine, tryptamine, β-phenylethylamine, spermidine, spermine, tyramine, histamine 및 agmatine 등이 있으며, 미생물에 의한 유리아미노산의 탈탄산반응으로 형성된다(Shalaby, 1996). BAs는 그 종류 및 섭취량에 따라 다양한 임상병리학적 증세 및 식중독을 일으킬 수 있으며, 또한 아질산염 및 BA을 포함한 아민류가 함유된 식품을 섭취하였을 때 urinary nitrosamine 이 증가하는 것으로 나타나 식품의 안전성 측면에서 매우 중요한 문제로 대두되고 있다(Doyle et al., 1993).

감마선 조사에 의한 BAs 표준물질의 함량변화를 보면 감마선 조사선량에 따라 유의적으로 감소함을 볼 수 있다. Putrescine과 spermine은 5 kGy의 조사선량에서 완전히 파괴되었으며, spermidine은 10 kGy, β-phenylethylamine 및 histamine은 15 kGy에서 각각 분해되어 검출되지 않았다.

한편 발효소시지인 페퍼로니를 이용한 실험에서는 5 kGy의 감마선 조사에 의해 젖산균이 발견되지 않았으나 비조사구의 경우 4-5 log 정도 성장한 것으로 나타났다(Kim et al., 2005). 4주의 저장기간동

안 putrescine, cadaverine,  $\beta$ -phenylethylamine, spermidine, spermine 및 tyramine 등 총 6가지의 BA가 발견되었으며, 감마선 조사와 진공 또는 합기포장의 경우 유의적으로 낮은 BA 함량을 나타내었다.

Table 3. Putrescine levels in pepperoni sausage under various packaging and gamma irradiation conditions during storage (mg%)

Storage (wk)	Packaging	Gamma irradiation				SEM
		0	5	10	20	
0	Air	0.61a	0.43b	-c	-c	0.032
	Vacuum	0.45a	0.42a	0.23b	0.23b	0.027
	CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	0.46	0.53	0.43	0.30	0.020
	SEM	0.034	0.029	0.027	0.029	
4	Air	0.26ax	-b	-b	-b	0.023
	Vacuum	0.19ay	0.12a	-b	-b	0.018
	CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	0.16y	0.15	0.18	0.17	0.013
	SEM	0.021	0.014	0.014	0.025	

Different letters (a,b) within same row and storage periods differ significantly ( $p < 0.05$ )

### III. 방사선 응용 기능성 소재 제조기술 개발

#### 1. 천연 추출물 방사선 응용으로 부가가치 부여

방사선을 이용하여 유지제조공정에서 클로로필을 지방의 산화없이 완벽하게 제거할 수 있다는 연구결과(Byun et al., 2002)를 바탕으로 이미 기능성이 알려져 있으나 정제 및 가공기술의 부재로 널리 실용화되지 못하고 있는 천연물의 유효성분을 추출한 후 색상 및 불쾌취를 제거하는 기술을 적용하였다. 매우 진한 색상의 천연추출물의 색상은 방사선 조사에 의해 거의 투명하게 되었으며 이렇게 색상을 개선시킨 천연추출물의 항산화, 피부미백, 항암 등의 기능성은 변화하지 않았다.

한 실험의 예로 녹차잎 추출물을 방사선 조사구(20 kGy)와 비조사구로 나누고 동결건조하여 녹차잎 추출물 분말(0.1%)을 제조한 후 돈육 패티에 적용한 결과 대조구(무처리구)에 비하여 처리구는 모두 TBARS 값이 저장 기간 중 유의적으로 낮게 나타났다으며, 녹차분말이 함유된 구에서는 방사선 조사와 비조사구의 차이가 나타나지 않았다. 그러나 관능검사에서 방사선 조사구가 비조사구에 비하여 높은 점수를 얻었는데 이는 천연적인 녹차의 냄새가 비조사구에서는 강하게 발생하였기 때문으로 해석되며 따라서 방사선 조사에 의한 냄새 및 색상의 제거는 식품에 첨가하는 소재의 적용성을 용이하도록 개선시키는 것으로 사료된다.

가식성 코팅의 개발에서도 본 기술이 시도되었다. 식품에 가식성 코팅을 적용하는 기술은 수분증발을 지연하는 최소한의 기능에서 항균, 항산화 등의 기능을 부여하는 방향으로 진행되고 있다. 방사선을 식육에 조사할 경우 많은 이점에도 불구하고 일부 불쾌취를 생성한다는 보고가 있으므로 이를 제거하는 방법으로 펙틴을 기본으로 하는 가식성 코팅제를 개발하고 천연추출물을 코팅제에 첨가하여 기능성을 부여하면서 불쾌취의 생성을 억제하는 연구가 진행되었다. 방사선 조사된 녹차추출물을 첨가하거나 첨가하지 않은 가식성 코팅제를 처리한 돈육 패티를 제조하여 저장 중 품질 변화를 실험한 결과 녹차추출물을 첨가하여 코팅한 패티가 항산화, 항균활성이 높았고 저장 중 지방산화가 지연되었다. 물론 방사선 조사를 떠나 펙틴 코팅을 처리한 구가 전혀 처리하지 않은 대조구에 비하여 수분 증발이 억제되었다.

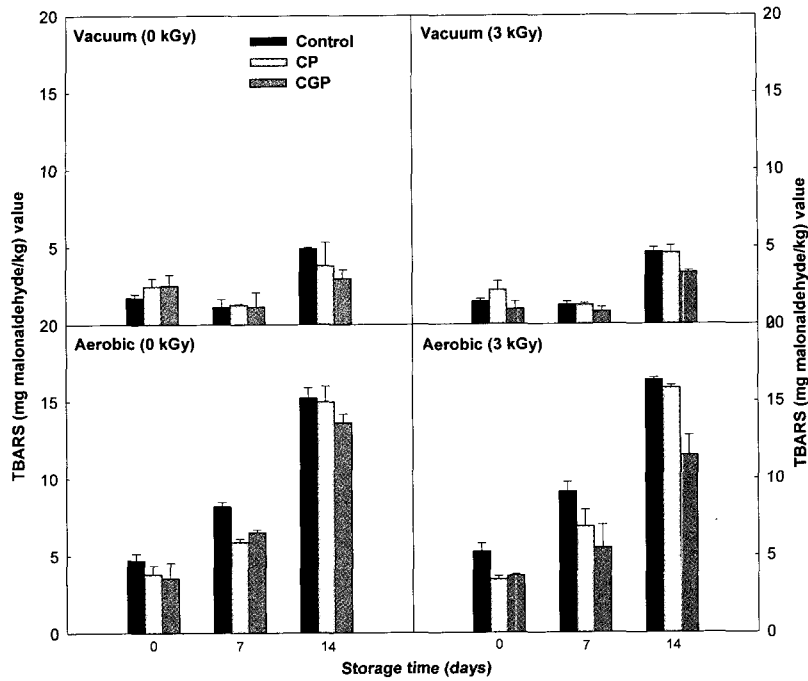


Fig. 2. 2-Thiobarbituric acid reactive substance value (TBARS; mg malondialdehyde/kg sample) of gamma-irradiated pork patty coated by a pectin-based coating material during a storage at 10°C.

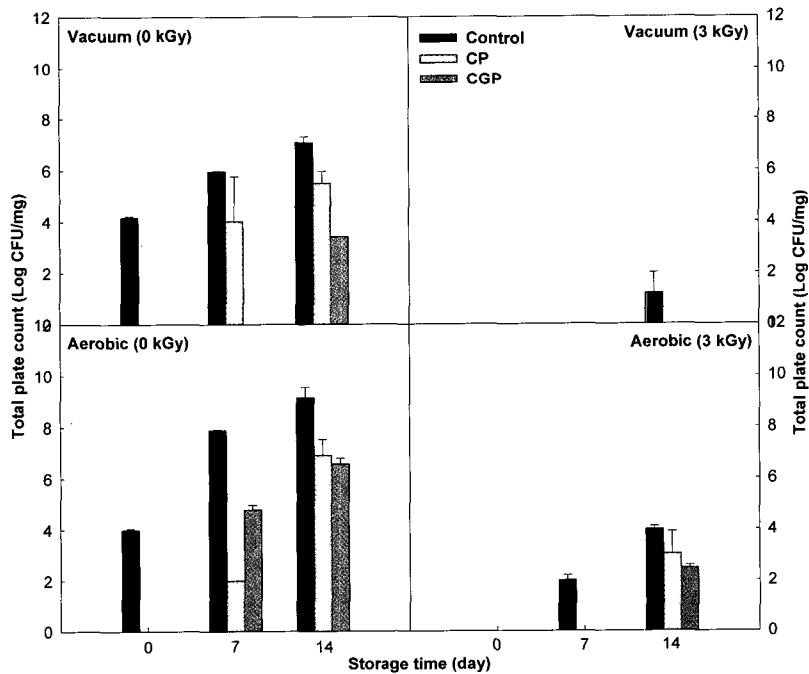


Fig. 3. Total plate count of gamma-irradiated pork patty coated by a pectin-based coating material during a storage at 10°C.

이러한 연구결과는 천연물질을 식품이나 화장품 등에 첨가하여 기능을 부여하고자 할 때 천연물 자체의 색소로 인하여 첨가할 수 있는 양의 한계가 있어 여러 가지 정제과정을 거쳐 완제품의 품질에 영향을 미치지 않도록 처리하는 것이 일반적인 방법이었으나, 방사선을 이용하여 천연물의 색소를 제거한다면 복잡한 처리과정을 거치지 않고 많은 시간과 비용을 절감할 수 있으며, 더불어 천연추출물을 완제품에 첨가시 다량 첨가할 수 있어 제품은 천연추출물의 기능성을 최대한 살릴 수 있으며 첨가물 소재의 고급화로 인한 부가가치를 높일 수 있을 것으로 생각된다. 이와 같은 기본 원리를 이용하여 감잎, 감초, 인동, 민들레, 복분자, 울금 등 여러 천연물을 이용한 연구에서 그 실용성이 입증되었다.

## 2. 방사선 이용 가공공정 개선으로 기능성 올리고머 생산기술 개발

에너지 이용을 최소화하고 부산물의 재활용기술을 높이거나 또는 완전히 새로운 식품생산 및 가공기술이 개발되어 환경보전을 통한 미래의 지구를 지켜야 한다. 폐·불용자원으로부터 기능성 및 약효 함유 신소재를 개발한 후 잔류하는 polysaccharide 계열의 화합물을 이용하여 식이섬유, 기능성 올리고당 및 단당류를 제조하여 음료수, 건강보조식품 등의 소재로 다시 한번 활용할 수 있다. 기능성 올리고당은 체내에서 대사가 어려워서 칼로리화 되지 않고 충치를 예방하며 장내 유용세균의 증식인자로 이용되는 등 생리적으로 좋은 효과를 가지고 있으며, 물성면에서는 설탕에 비해 저감미로 비발효성, 보습성, 난흡습성, 청량감 부여, 침투성, 수분활성저하, 감칠맛 보강, 갈변 방지 등 여러 효과가 발견되어 현재 연구개발 및 제품생산에 박차를 가하고 있다. 이러한 기능성 올리고당 소재 개발이 가능하게 된 것은 생명공학의 발전으로 인한 효소생산기술의 발달과 여러 가지 분리정제기술의 확립에 따른 것으로 특이적으로 어떤 중합도의 올리고당을

생성하는 가수분해 효소와 특정 위치에 작용하는 당전위효소의 이용기술 등의 발전으로 대량생산기술이 개발되고 있다.

그러나 생명공학적인 기법을 이용할 때에도 물리적 배열이나 높은 수준의 고분자일 경우 효소의 침투 자체가 어려워 많은 폐·불용 소재를 이용하지 못하고 있거나 산, 알칼리 등의 화학적 처리를 이용하여 전처리한 후 효소처리하여 올리고당을 제조하고 있다. 방사선을 이용하여 물리적 성질 또는 소재를 저분자화하여 공정에 이용하면 산, 알칼리 등 환경에 문제가 되는 화학물질을 쓰지 않거나 사용량을 최소한으로 줄여주어 경제적 및 문화적 이점을 가질 수 있다.

키토산, 알긴산, 카라기난, 셀룰로오스, 펙틴, 리그닌, 이눌린 등 특히 폐자원을 이용한 소재/생산기술 개발에 역점을 두고 수행하여야 할 연구부문이며, 방사선 조사선량, 처리환경 및 이용하는 고분자 화합물의 종류에 따라 cross-link나 degradation이 선택적으로 일어나기 때문에, 조사선량 및 처리환경과 화합물의 적절한 선택에 의하여 토양미생물에 의해 생분해되며 경제적인 식품포장재를 개발할 수 있다.

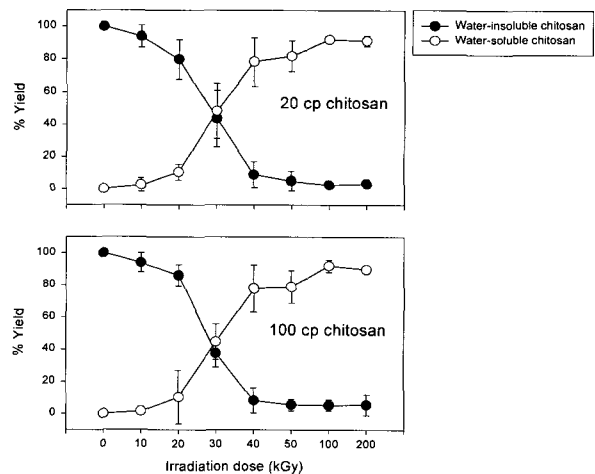


Figure 4. Yield changes of water soluble and insoluble chitosan by irradiation.

다음은 펙틴을 감마선 조사하여 저분자화한 후 펙틴올리고머의 약리기능성을 확인하기 위하여 농도별 β-carotene bleaching assay를 실시한 결과, 모든 농도에서 20 kGy로 감마선 조사한 후 분자량 10,000 이하를 분리해 낸 처리구가 20 kGy 감마선 조사한 구 또는 대조구(펙틴)에 비해 가장 높은 항산화력을 보였다. 펙틴농도 20 mg/ml 일 때 처리구는 2시간이 지난 후에도 β-carotene이 59% 유지되었다 (Fig 5).

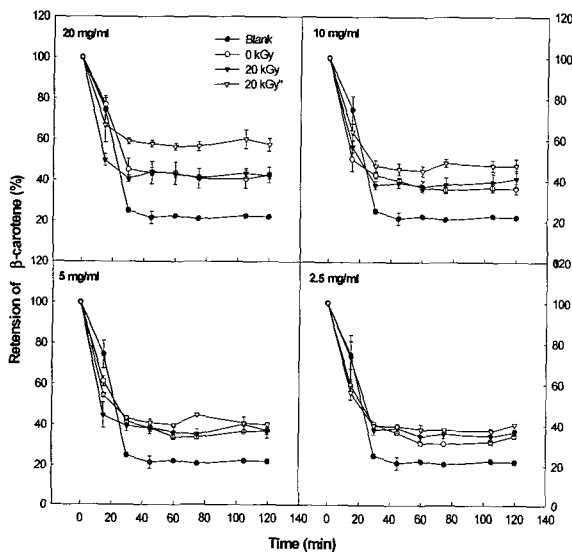


Fig. 5. Effect on β-carotene bleaching of pectin oligomer produced by gamma irradiation.

올리고머의 면역세포 활성을 알아보기 위해 비장 세포성장을 촉진시키는지 여부를 MTT assay로 시험해본 결과도 20 kGy 조사로 저분자화한 후 분리 > 20 kGy > 0 kGy 순으로 세포성장 효과를 나타내었다. 특히, 20 kGy로 감마선 조사 후 10,000이하의 분자량대를 분리한 구는 0 kGy 처리구 보다 2배나 높게 나타났다. 따라서 감마선 조사된 펙틴 및 펙틴 올리고머가 세포성장을 유도하는데 효과적인 것으로 나타났다.

Table 5. Relative absorbance (RA) of produced the pectin oligomer by gamma-irradiation

Sample	Concentration (mg/ml)	Irradiation dose (kGy)			SEM
		0 kGy	20 kGy	20 kGy <sup>x</sup>	
Pectin powder	1	33.33a	50.02ay	69.29ax	0.020
	0.5	20.00bz	42.62by	66.66bx	0.179
	0.25	20.00bz	33.35cy	60.00cx	0.333
	0.125	20.00bz	33.33cy	55.54dx	0.0220
	SEM	0.017	0.156	0.289	

<sup>a-c</sup>Different letters within the same column differ significantly (p <0.05)

<sup>x-z</sup>Different letters within the same row differ significantly (p <0.05)

Relative absorbance (RA) was calculated as (absorbance of the sample - absorbance of the blank/absorbance of the sample)×10

#### IV. 결론

식품유래 질병의 발생이 대형화, 수시화 되고 있고 여전히 인류의 삶의 질을 크게 위협하고 있는 상황에서 식품의 방사선 조사기술은 식품의 생화학적 변화를 최소화하고 식품위생학적 위해성도 나타내지 않으면서 유해미생물에 대한 선택적인 강력한 살균효과를 나타내는 매우 안전하면서도 유용한 식품위생화 기술이다. 이러한 식품의 위생화 목적 외에도 현재 연구개발이 방사선을 이용한 다양한 응용분야와 융합기술 분야에서 미래지향적으로 진행된다면 방사선 응용기술 수준의 국제화를 통한 우리나라의 국제경쟁력을 높이고 관련 산업의 획기적 발전에 큰 도움이 될 것으로 기대한다. 또한 방사선 기술의 활용을 위한 법적, 제도적 장치가 마련되고 상업화가 진행된다면 지역 특산물의 방사선 융합기술을 응용한 브랜드화가 성공적으로 이루어질 수 있으리라 기대한다.



## V. 참고 문헌

1. Ahn HJ, Jo C, Kim JH, Son JH, Lee CH, and Byun MW. 2002b. Monitoring of nitrite and N-nitrosamines in cooked pork sausage. *J Food Prot* 6(9):1493-1497.
2. Bartsch H, Ohshima H, and Pignatelli B. 1988. Inhibitors of endogenous nitrosation; mechanisms and implications in human cancer preservation. *Mutat Res* 202:307-324.
3. Byun MW, Jo C, Lee KH, and Kim KS. 2002. Chlorophyll breakdown by gamma irradiation in model system containing linoleic acid. *J Am Oil Chem Soc* 79(2):145-150.
4. Cassens RG. 1995. Use of sodium nitrite in cured meats today. *Food Technol* July, 72-80, 115.
5. Deng D, Li T, Ma H, Wang R, Gu L, and Zhou J. 1998. Characterization of N-Nitrosomethylurea in nitrosated fermented fish products. *J Agric Food Chem* 46:202-205.
6. Doyle ME, Steinhart CE, and Cochran BA. 1993. *Food Safety*. Marcel Dekker, New York, USA. pp. 254-259.
7. Francis FJ. 2000. *Encyclopedia of Food Science and Technology* Vol. III. John Wiley & Sons Inc., New York, USA, p 1707-1715.
8. Jo C, Ahn HJ, Kim JH, Song IH, Kim WJ, and Byun MW. 2002. Reduction of residual nitrite level in cooked pork sausage with different packaging and gamma irradiation. *Korean J Food Sci Technol* 34(4):741-745.
9. Jo C, Lee JW, and Byun MW. 2001. Short communication of novel application of food irradiation. *J Food Sci Nutri* 6(4):253-256.
10. Jo C, Son JH, Lee HJ, and Byun MW. 2003. Irradiation application of color removal and purification of green tea leave extract. *Radiat Phy Chem* 66(2):179-184.
11. Kim JH, Ahn HJ, Lee JW, Park HJ, Ryu GH, Kang IJ, Byun MW. 2005. Effects of gamma irradiation on the biogenic amines in pepperoni with different packaging conditions. *Food Chem* 89:199-205.
12. Lee JW, Lee KY, Yook HS, Lee SY, Kim HY, Jo C, Byun MW. 2002. Allergenicity of hen's egg ovomucoid gamma irradiated and heated under different pH conditions. *J Food Prot* 65(7):1196-1199.
13. Lee LS, Rhim JW, Kim SJ, Chung BC. 1996. Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 28: 352-359.
14. Lee SH, Lim YS. 1997. Antimicrobial effects of *Schizandra chinensis* extract against *Listeria monocytogenes*. *Kor J Apl Microbiol Biotechnol* 25: 442-447.
15. Shalaby AR. 1996. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research Int* 29:675-690.
16. Wierbicki E and Brynjolfsson A. 1979. The use of irradiation to reduce or eliminate nitrite in cured meats. *Presneted at 25th Eur Meet Meat Res. Workers, Budapest, August, p 27-31.*