

라면 건조 수프 재료의 방사선 조사 검지를 위한 Thermoluminescence 활용

황금택 · 변명우* · U. Wagner** · L.I. Dehne**

전북대학교 식품영양학과 및 유전공학연구소

*한국원자력연구소 방사선식품공학연구팀

**독일연방 소비자보건 · 수의학연구소

Detection of Post-Irradiation of Dry Soup Base Ingredients in Instant Noodle by Thermoluminescence Technique

Keum Taek Hwang, Myung-Woo Byun*, Ute Wagner** and Lutz I. Dehne**

Department of Food Science and Human Nutrition and Institute for Molecular Biology
and Genetics, Chonbuk National University

*Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute

**German Federal Institute for Health Protection of Consumers and Veterinary Medicine

Abstract

It was determined whether thermoluminescence (TL) technique is a potential method to detect post-irradiation of dry soup base mix for instant noodle and its ingredients. The ingredients or the mixtures were irradiated, from which minerals were isolated using sodium polytungstate solution. Their TL signals (1st glow TL intensity/2nd glow TL intensity reirradiated at 48.6 Gy) were measured. The TL signals in temperature ranges of 229~295°C and 229~361°C showed larger differences between unirradiated and irradiated samples compared to other ranges. The average TL signals for unirradiated garlic powder, ginger powder, black pepper powder, onion powder, red pepper powder, and sesame seeds were below 0.2, while those for onion powder, red pepper powder, and sesame seeds irradiated at 10 kGy were over 20 in the two temperature ranges. The average TL signals for unirradiated soup mixture were 0.08 and 0.1, respectively, in the two temperature ranges, while those for the mixtures containing 10 kGy-irradiated onion powder, red pepper powder, and sesame seeds individually or in combination were over 7. The average TL signals for the mixtures irradiated 1, 5, and 10 kGy were over 10.

Key words: thermoluminescence, irradiation detection, instant noodle soup

서 론

방사선 조사의 식품에의 활용에 관한 반세기에 걸친 연구를 통하여 방사선 조사를 식품에 활용함으로써 다양한 효과를 얻을 수 있고 방사선 조사 식품이 안전하다는 증거를 제시하고 있으며⁽¹⁾, 이러한 연구 결과를 토대로 IAEA, FAO, WHO 등 국제기구를 비롯한 각국의 보건 관련 기관에서 방사선 조사 식품의 안전성을 보장하고 있다⁽²⁾. 또한 국제적으로 식품에 화학제 처리의 규제가 강화되고 있기 때문에 식품에 대한

방사선 조사의 효용성이 날로 증대되고 있다. 그러나 소비자들은 방사선 조사 식품에 대한 안전성에 대한 확신이 없기 때문에 각국에서는 국내 사정에 맞도록 방사선 조사 허용 품목 및 허용 조사량 등을 규정하고 적절한 표시를 하도록 하고 있다⁽³⁾. 생산자나 수출업자들은 소비자의 비난을 염려하여 이를 표시하지 않고 유통시킬 우려가 있다. 따라서 소비자에게 그들이 섭취하고 있는 식품이 어떠한 처리 과정을 거쳤는지 알려주고, 국제적인 식품 유통 질서의 확립 차원에서 식품의 방사선 조사 여부를 검지할 필요가 있다.

라면 건조 수프나 그 재료의 경우에 저장 유통 중에 미생물 번식이 가장 큰 문제 중 하나이며, 이를 억제할 목적으로 방사선 조사를 활용할 가능성이 크다. 건

Corresponding author: Keum Taek Hwang, Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 561-756, Korea

조 식품의 미생물 생육 억제 목적으로 방사선 조사를 하고자 할 때 조사량을 10 kGy 정도이어야 효과가 있는 것으로 알려져 있다⁽⁴⁾. 대부분의 나라에서 이 수준까지의 방사선 조사를 허용하고 있으며 미국을 비롯한 몇몇 나라에서는 30 kGy까지의 조사를 허용하고 있다⁽⁵⁾. 식품의 방사선 조사 여부 검지 방법에 관한 연구는 지난 10여년에 걸쳐 연구가 진행되고 있으며 이중 hydrocarbon류 분석에 의한 방법⁽⁵⁻¹²⁾, electron spin resonance (ESR)를 활용하는 방법^(13,14), thermoluminescence (TL)에 의한 방법⁽¹⁵⁻²⁰⁾ 등이 가장 유망한 방법으로 제시되고 있다. TL 방법은 방사선 조사에 의한 여기상태의 에너지가 무기물 결정에 장기간 보유되어 있다가 가열시 발광되는 현상을 이용한 것으로써, 가공 중 무기물에 오염 가능성이 큰 향신료와 같은 건조 식품의 방사선 조사 여부 검지에 적당한 방법으로 제안되고 있다^(16,18).

따라서 본 연구에서는 방사선 조사 또는 비조사한 라면 건조 수프 재료 및 배합 수프에서 무기물을 분리하여 이 무기물의 TL을 측정하여 TL을 라면 건조 수프 재료의 방사선 조사 여부 검지에 활용 가능한지를 검토하였다.

재료 및 방법

재료

소금과 설탕은 시중에서, 고춧가루와 참깨는 농가에서, monosodium glutamate (MSG), disodium-5'-inosinate (IMP), disodium-5'-guanylate (GMP), 포도당은 D사

서, 간장분말, 된장분말, 양파가루, 마늘가루, 후춧가루, 생강가루, 팜유는 H사에서 구입하여 사용하였다. 개별 재료는 원자력연구소가 보유하고 있는 ⁶⁰Co gamma-radiation source를 사용하여 10 kGy 조사하였다. 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였고, 총흡수선량 오차는 ±5%였다.

재료 배합

라면 건조 수프 재료는 가장 보편적인 배합 비율로 배합하였으며, 10 kGy 조사한 일부 재료를 배합에 사용하거나, 비조사 재료만 배합한 후 1, 5, 10 kGy 조사하였다. 배합 비율 및 재료의 방사선 조사 여부는 Table 1과 같았다.

무기물의 분리

TL 분석을 위한 전처리 및 분석은 진보^(18,20)에 준하였다. 개별 재료 중 마늘가루, 생강가루, 후춧가루는 비조사 시료를, 양파가루, 고춧가루, 참깨는 조사 및 비조사 시료를 TL 분석 시료로 선정하였다. 개별 재료를 물이 든 beaker에 넣어 sonicator로 1시간 진동시킨 후, 250 µm nylon 망사를 통과한 물질을 모아 수차례 물을 사용하여 부유물을 제거한 후 무기물이 대부분인 물질을 10 mL 시험관에 모았다. 배합 수프의 경우는 지방을 제거하기 위하여 hexane을 가하여 지방을 분리한 후 상기 방법으로 부유물을 제거하였다. 밀도가 2 g/mL가 되도록 조정된 sodium polytungstate 용액 (Na₆W₁₂O₃₆; Aldrich Chemical Co., Milwaukee, WI) 5 mL를 가하고 vortex를 이용하여 교반한 후 2,000 rpm

Table 1. The ratio of dry soup base mix ingredients and irradiated ingredient (s) in each mixture

Ingredients	Ratio (%)	Mixtures						
		Control	Mal-1	Mal-2	Mal-3	Mal-4	Mal-5	Mal-6
Salt	53.82							
MSG	16.15							
Glucose	7.53							*
Soy sauce powder	5.38							
Sugar	4.31							
Palm oil	3.23		*					*
Red pepper powder	2.15			*			*	*
Soybean paste powder	2.15							*
Onion powder	1.61				*		*	*
Garlic powder	1.08							*
Sesame seeds	1.08					*	*	*
Black pepper powder	0.54							*
Ginger powder	0.54							*
IMP	0.22							
GMP	0.22							
Total	100							

*Ingredient irradiated at 10 kGy before mixing; unmarked ones unirradiated.

에서 2분간 원심분리하였다. 소량의 물을 가하고 상등액을 제거하였다. 부유물이 거의 제거될 때까지 sodium polytungstate 용액으로 분리하는 과정을 반복하였다. 소량의 물을 가하고 vortex를 이용하여 교반한 후 2,000 rpm에서 2분간 원심분리한 후 상등액을 제거하였다. 부유물이 보이지 않을 때까지 물로 세척하는 과정을 반복하였다. 1 N HCl 1 mL를 가하여 공기 방울이 발생하지 않을 때까지 기다린 다음, 소량의 물을 가하여 vortex를 이용하여 교반한 후 2,000 rpm에서 2분간 원심분리하였다. 상등액을 제거한 후, 물로 세척하는 과정을 한번 더 시행한 다음 침전 무기물에 acetone 1 mL를 가하였다.

TL 분석

Risø TL reader (Department of Nuclear Safety Research and Nuclear Facilities, Roskilde, Denmark)의 stainless steel disk에 acetone 중의 무기물을 표면에 덮일 정도로 apply하고, acetone이 증발한 후에 silicone spray (ACMOS 70-2404, Acmos Chemie, Bremen, Germany)로 고정시켰다. Disk에 고정된 시료를 70°C에서 500°C까지 6°C/sec로 가열하면서 TL 강도를 기록하고 1st glow TL 강도라 하였다. 가열 처리한 같은 시료를 TL reader에 부착된 ^{90}Sr β -방사원을 사용하여 48.6 Gy로 재조사하고 24시간이 경과한 후에 상기 방법으로 가열하면서 얻은 TL 강도를 기록하여 2nd glow TL 강도라 하였다. TL 강도는 Schreiber 등^(18,19)이 제안한 229~295, 262~295, 295~328, 328~361, 229~361°C 범위로 나누어 면적을 산출하였다. 2nd glow TL 강도에 대한 1st glow TL 강도 비율을 TL signal이라 하였다. 방사선 조사 후 20일에 최초 TL 분석을 하였다.

통계 분석

모든 시험은 5회 반복으로 하였으며, 다른 경우는 명기하였다. 통계 분석은 Microsoft Excel for Windows 95 Version 7.0 (Microsoft Corp.)를 사용하였다.

결과 및 고찰

MDL 및 TL signal

TL을 사용하여 식품의 방사선 조사 여부를 검지하려면 그 식품에 무기물이 함유 또는 오염되어 있는 경우에 가능하다. 따라서 라면 건조 수프에 사용하는 재료는 건조 식품이기 때문에 건조 및 분쇄 과정 중에 무기물의 혼입이 가능하므로 TL 방법에 의한 검지 방

법이 다른 방법에 비하여 효율적이라고 사료된다. TL의 반응은 전적으로 식품에 함유된 무기물에 의한 것이고 같은 종류의 시료라 할지라도 산지, 수확 후 처리 방법 등에 따라 무기물 혼입 정도가 다르기 때문에 전시료(whole sample)를 사용하는 것보다 시료에서 무기물을 분리하여 사용하는 방법이 분리하는데 시간이 많이 소요되고 시료가 많이 필요하지만 효과적 결과를 얻을 수 있다고 제안하고 있다⁽¹⁷⁾. 따라서 본 연구에서 무기물 분리 방법을 채택하였다. 무기물은 지름이 약 1 cm되는 TL disk에 한 겹 정도 덮일 정도가 될 때까지 모아서 사용하였기 때문에 시료에 따라 시료의 사용량은 일정하지 않았다.

Disk에 무기물 없는 상태로 측정한 TL 강도(blank)는 방사선 조사 여부에 관계없이 무기물을 apply한 disk의 TL 강도 측정치보다 현격히 낮아야 disk에 오염이 없이 측정된 신빙성 있는 data로 받아들일 수 있다. Blank 평균치에 표준 편차의 3배 수치를 더한 값을 최소검지치(MDL)라 정의하고, 무기물을 apply한 1st glow TL 강도치와 비교하여 MDL보다 낮은 값이 있는 data가 있으면 분석 data로 받아들이지 않기로 하였다. 본 실험에서 측정된 10개의 blank에 대한 MDL은 시료의 어떠한 1st glow TL 강도치보다 현저히 낮기 때문에 유효한 data로 수용하였다(Table 2). 또한 재차 방사선 조사한 disk에 대한 TL 강도, 즉 2nd glow TL 강도도 충분히 높아야 신빙성 있는 data로 받아들일 수 있다. 시료 disk에 대한 재차 조사선량이 1 kGy일 때의 2nd glow가 MDL의 10배를 넘으면 유효한 data로 인정하여 받아들이기로 하였다. 본 실험에서 48.6 Gy로 재조사한 시료의 2nd glow 값도 매우 높아 분석 data로써 적절하다고 판단된다(Table 2).

무기물 시료에 대한 1st glow TL 강도는 무기물의 양과 종류에 따라 현격한 차이를 나타낼 수 있기 때문에 이로 인한 오차를 줄이기 위하여 1st glow한 무기물 시료를 48.6 Gy로 재차 조사한 후 2nd glow TL 강도를 측정하여 2nd glow TL 강도에 대한 1st glow TL 강도의 비율, 즉 TL signal을 산출하였다.

개별 재료의 TL 분석

개별 재료에 대한 TL signal을 살펴보면, 시험한 모든 온도 범위에서 비조사 시료와 10 kGy 조사 시료간에 현저한 차이가 나타났다(Fig. 1, Table 3). 방사선 조사 시료의 TL signal은 온도 구간간의 차이를 구별하기 어려웠으나 비조사 시료의 TL signal은 다른 구간에 비하여 229~295°C와 262~295°C 구간에서 낮게 나타났다. 비조사 후춧가루 및 참깨에서 분리한 무기

Table 2. Minimum detection level (MDL) of TL intensity and the lowest levels of the 1st and 2nd glows¹⁾

		Integration range				
		229~295°C	262~295°C	295~328°C	328~361°C	229~361°C
Blank disk ²⁾	mean	557	292	36.2	32.1	265
	standard deviation	215	169	32.2	19.9	251
	MDL ³⁾	1,202	798	132	91.9	1,378
1st glow	lowest level	1,605	1,239	3,187	8,494	13,286
	sample	unirradiated black pepper	unirradiated black pepper	unirradiated black pepper	unirradiated black pepper	unirradiated black pepper
2nd glow ⁴⁾	lowest level	227,567	149,450	124,990	79,343	518,242
	sample	MaI-6 ⁵⁾	MaI-6 ⁵⁾	MaI-6 ⁵⁾	black pepper	MaI-6 ⁵⁾

¹⁾unit of TL intensity: photon counts.

²⁾n=10.

³⁾mean+3× (standard deviation).

⁴⁾reirradiated at 48.6 Gy.

⁵⁾see Table 1.

물의 TL signal은 다른 비조사 시료보다 매우 낮게 나타나 각 시료에 함유되어 있는 무기질의 종류에 의하여 TL에 미치는 영향이 다를 수 있다. 229~295°C와 262~295°C 구간의 TL signal의 평균은 비조사 시료의 경우 0.2를 넘지 않았으며, 10 kGy 조사한 시료의 경우는 20을 넘는 값을 보였다. 시험한 모든 시료를 종합하여 얻은 평균도 조사 시료의 경우 TL signal이 다른 구간에 비하여 229~295°C와 262~295°C 구간에서 낮게 나타나긴 했으나 온도 구간간에 유의차를 보이지 않은 반면 비조사 시료의 TL signal은 이 구간에서 현저히 낮게 나타났다($\alpha=0.05$). 참깨의 경우 다른 시료에 비하여 비조사 시료의 TL signal은 매우 낮은 반면 조사 시료의 TL signal은 높고 오차

도 크게 나타났다. 이는 참깨에서 분리한 무기물의 크기가 다른 시료에서 분리한 것보다 굵었는데 이것이 영향을 미친 것으로 사료된다. 이상의 개별 재료의 TL signal을 종합하여 볼 때 10 kGy 조사한 라면 건조 수프 재료 중 무기물을 분리할 수 있는 경우에 TL 방법에 의하여 비조사 재료와 구별이 확실하다는 것을 알 수 있으며, 229~295°C와 262~295°C 구간에서 산출한 TL signal 값을 활용할 때에 보다 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있다고 사료된다.

방사선 조사한 재료를 배합한 라면 수프의 TL 분석

재료 중 일부를 방사선 조사하여 라면 수프를 배합하였을 때(Table 1)의 TL 반응을 시험하였다. 혼합 시료에

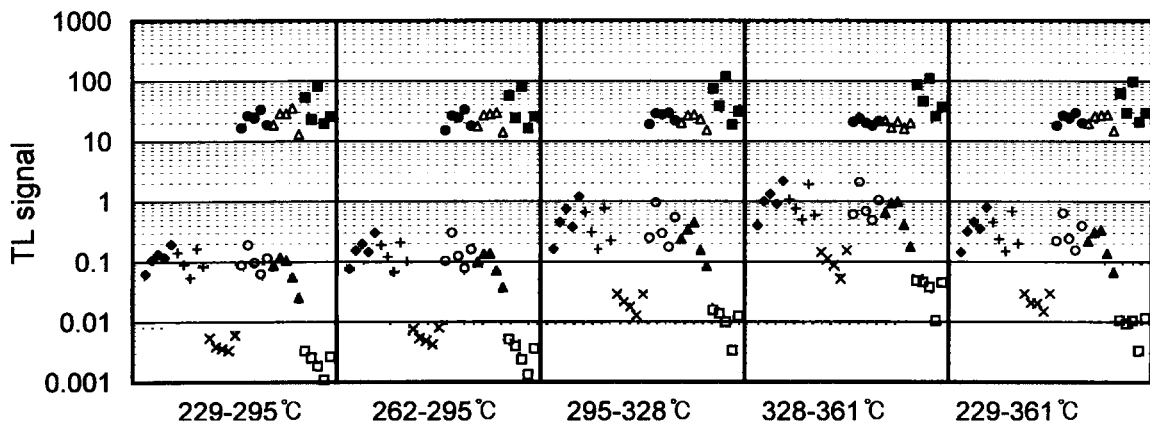


Fig. 1. TL signals for individual dry soup base ingredients. TL signal=(1st glow TL intensity)/(2nd glow TL intensity reirradiated at 48.6 Gy). ◆: garlic powder-0 kGy, +: ginger powder-0 kGy, ×: black pepper powder-0 kGy, ○: onion powder-0 kGy, ●: onion powder-10 kGy, ▲: red pepper powder-0 kGy, △: red pepper powder-10 kGy, □: sesame seeds-0 kGy, ■: sesame seeds-10 kGy.

는 지방이 함유되어 있기 때문에 먼저 지방을 제거하기 위하여 hexane으로 지방을 제거한 후 물과 sodium polytungstate 용액을 사용하여 무기물을 분리하였다.

배합물 중 팜유만 방사선 조사된 것을 사용했을 때 (Mal-1)는 모든 재료를 비조사한 것만 사용한 것과 TL signal이 차이가 없었다(Fig. 2, Table 4). 이는 팜유에는

Table 3. TL signals of individual dry soup base ingredients¹⁾

Sample	Dose (kGy)	Integration range				
		229~295°C	262~295°C	295~328°C	328~361°C	229~361°C
Garlic powder ²⁾	0	0.124 (0.048)	0.175 (0.083)	0.588 (0.400)	1.162 (0.661)	0.411 (0.240)
Ginger powder ²⁾	0	0.108 (0.046)	0.138 (0.060)	0.423 (0.261)	0.961 (0.567)	0.345 (0.223)
Black pepper powder ³⁾	0	0.0044 (0.0012)	0.0059 (0.0017)	0.217 (0.007)	0.110 (0.042)	0.023 (0.003)
Onion powder ²⁾	0	0.111 (0.049)	0.153 (0.088)	0.441 (0.313)	0.981 (0.653)	0.329 (0.191)
	10	23.88 (6.02)	23.38 (7.16)	25.25 (4.56)	20.78 (2.10)	23.66 (4.68)
Red pepper powder ²⁾	0	0.078 (0.038)	0.096 (0.043)	0.254 (0.145)	0.629 (0.343)	0.214 (0.113)
	10	24.87 (8.87)	23.31 (6.99)	22.56 (4.99)	19.12 (2.56)	23.01 (5.47)
Sesame seeds ²⁾	0	0.0023 (0.0008)	0.0033 (0.0015)	0.011 (0.005)	0.037 (0.016)	0.009 (0.003)
	10	40.76 (26.52)	40.91 (27.09)	56.39 (40.61)	61.29 (35.79)	48.03 (32.19)
All samples	0 ³⁾	0.073 (0.057)	0.096 (0.081)	0.286 (0.289)	0.649 (0.574)	0.221 (0.202)
	10 ⁴⁾	29.84 (17.32)	29.20 (17.66)	34.73 (27.15)	33.73 (27.87)	31.57 (21.36)

¹⁾TL signal=(1st glow TL intensity)/(2nd glow TL intensity reirradiated at 48.6 Gy); mean (standard deviation).

²⁾n=5.

³⁾n=35; including mixture.

⁴⁾n=15.

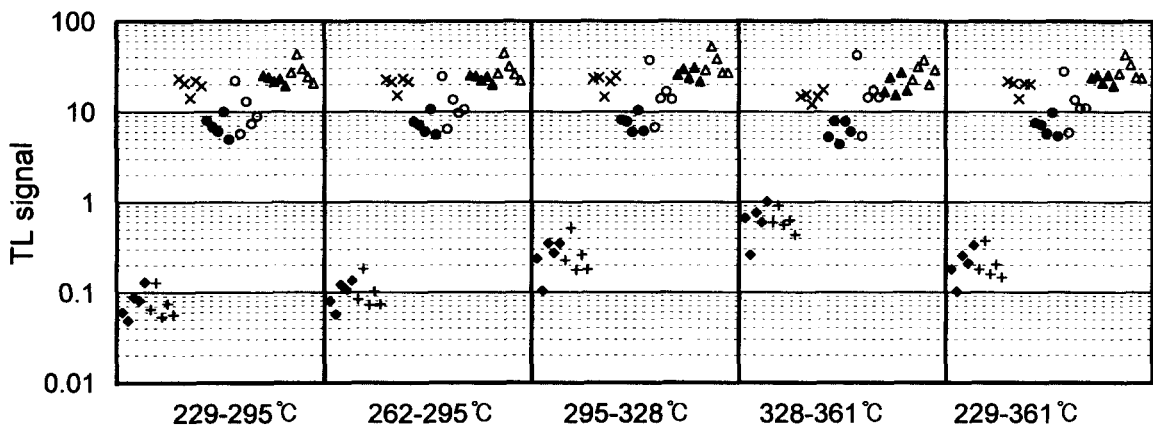


Fig. 2. TL signals for dry soup base mixtures containing irradiated ingredient (s). TL signal=(1st glow TL intensity)/(2nd glow TL intensity reirradiated at 48.6 Gy); see Table 1; ◆ unirradiated mixture; + Mal-1; × Mal-2; ● Mal-3; ○ Mal-4; ▲ Mal-5; △ Mal-6.

Table 4. TL signals of dry soup base mixtures¹⁾

Sample	Integration range					
	229~295°C	262~295°C	295~328°C	328~361°C	229~361°C	
Unirradiated mixture	0.081 (0.032)	0.100 (0.032)	0.263 (0.102)	0.659 (0.274)	0.216 (0.086)	
Mixtures containing irradiated ingredients ²⁾	MaI-1	0.076 (0.031)	0.103 (0.046)	0.272 (0.140)	0.627 (0.176)	0.212 (0.092)
	MaI-2	19.90 (3.50)	20.80 (3.25)	21.73 (4.16)	14.95 (1.92)	19.43 (3.13)
	MaI-3	7.16 (1.07)	7.42 (1.07)	7.68 (1.06)	6.28 (1.05)	7.13 (1.06)
	MaI-4	11.44 (6.55)	12.97 (7.02)	17.67 (11.52)	18.75 (13.88)	13.83 (8.32)
	MaI-5	22.74 (2.40)	23.47 (2.23)	26.34 (3.88)	20.19 (5.26)	23.08 (2.75)
	MaI-6	29.04 (8.53)	30.26 (8.68)	34.95 (11.00)	28.11 (6.97)	30.21 (8.01)
Irradiated after mixing unirradiated ingredients	1 kGy	10.41 (1.32)	10.60 (1.22)	9.98 (1.53)	7.61 (1.35)	9.80 (1.22)
	5 kGy	15.07 (2.76)	15.18 (3.03)	17.83 (3.13)	14.22 (1.55)	15.56 (2.43)
	10 kGy	16.67 (3.94)	15.83 (4.12)	17.54 (3.26)	16.75 (2.25)	16.87 (2.99)

¹⁾TL signal=(1st glow TL intensity)/(2nd glow TL intensity reirradiated at 48.6 Gy); n=5; mean (standard deviation).

²⁾see Table 1.

TL에 영향을 미칠만한 양의 무기물이 없었음을 의미한다. 그러나 10 kGy 조사한 고춧가루, 양파가루, 참깨 각각(MaI-2, 3, 4)을 비조사한 그 외의 재료와 혼합하여 만든 배합 수프 시료의 TL signal은 비조사 재료만 혼합한 수프 시료의 TL signal과 현저한 차이를 나타냈다. 상기 세 가지 재료를 모두 방사선 조사한 것을 사용했을 때(MaI-5)는 각각을 사용할 때보다 TL signal이 약간 증가하긴 하였으나 큰 차이를 나타내진 않았다. 배합 시료 중의 방사선 조사한 재료의 수를 늘렸을 때(MaI-6) TL signal이 증가하긴 하였으나 큰 증가를 보이지 않았다. 개별 재료 시험에서와 마찬가지로 229~295°C와 262~295°C 구간에서의 비조사 시료의 TL signal이 낮게 나타났다. 따라서 라면 수프 재료 중 하나만 방사선 조사한 재료를 사용할 경우 이 재료에서 충분한 무기물만 분리할 수 있으면 TL에 의한 배합 수프의 방사선 조사 여부 검지가 가능할 것으로 사료된다.

배합후 방사선 조사한 라면 수프의 TL 분석

라면 수프는 방사선 조사한 재료를 사용할 수도 있겠으나 저장 유통 중 미생물 생육 억제를 위하여 배합 후에 방사선 조사할 가능성이 더 크며, 이러한 목적을

달성하기 위해서 10 kGy 정도의 조사를 하게 된다⁽⁶⁾. 따라서 본 시험에서는 재료를 배합한 후 1, 5, 10 kGy 조사한 후 무기물을 분리하여 TL 측정을 하였다. 방사선 조사하지 않은 시료와 비교할 때 1 kGy 조사한 경우에도 TL signal이 현저히 증가하였다(Fig. 3, Table 4). 조사량이 높아질수록 TL signal도 증가하였으나 큰 차이를 보이지는 않았다. 0.6 kGy 이하로 방사선 조사한 생양파와 생마늘에서 무기물을 분리하여 TL 측정을 하였을 때 TL signal이 방사선 조사량에 비례했던 전보⁽²⁰⁾의 결과와는 상이한 결과를 보였다. 앞에서와 마찬가지로 229~295°C와 262~295°C 구간에서의 비조사 시료의 TL signal이 조사 시료의 경우보다 현저히 낮게 나타났다.

본 연구 결과, 라면 건조 수프 재료의 일부와 그 배합물에는 다소간의 무기물이 함유되어 있으므로 이를 분리하여 TL 측정을 하면 10 kGy 조사한 수프 재료 및 배합 수프에 대한 방사선 조사 여부를 용이하게 판별할 수 있을 것이다. 어느 온도 구간의 TL signal을 활용하든지 판별은 가능하나 229~295°C와 262~295°C 구간을 통하여 보다 명확한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

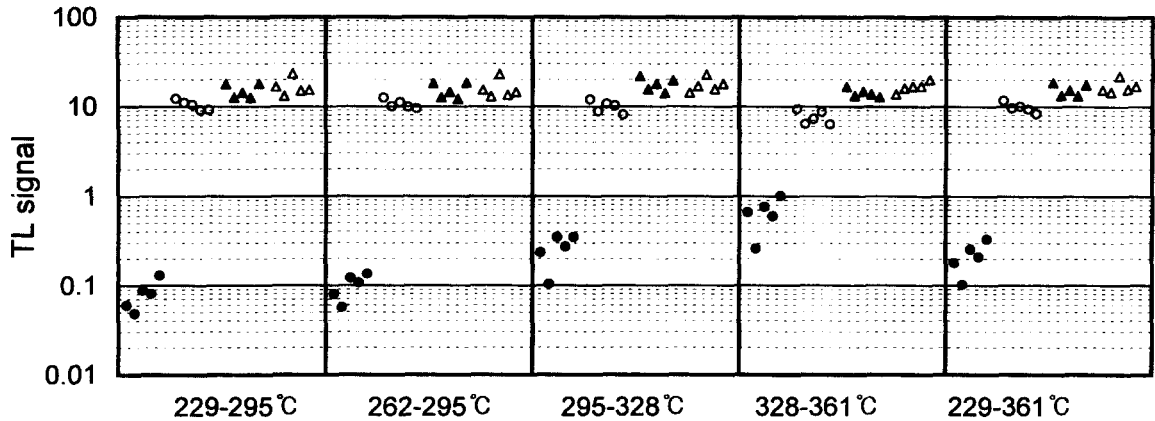


Fig. 3. TL signals for irradiated dry soup base mixtures. TL signal=(1st glow TL intensity)/(2nd glow TL intensity reirradiated at 48.6 Gy); ● unirradiated; ○ 1 kGy; ▲ 5 kGy; △ 10 kGy.

요 약

방사선 조사 또는 비조사한 라면 건조 수프 재료 및 배합 수프에서 무기물을 분리하여 이 무기물의 TL을 측정하여 TL을 라면 건조 수프 재료의 방사선 조사 여부 검지에 활용 가능한지를 검토하였다. 라면 건조 수프 재료 또는 배합 수프를 방사선 조사하여 sodium polytungstate 용액을 사용하여 무기물을 분리하여 TL signal ((1st glow TL 강도)/(48.6 Gy에서 재조사한 2nd glow TL 강도))을 측정하였다. 229~295°C와 262~295°C 구간에서 측정된 TL signal이 조사 시료와 비조사 시료간의 차이가 다른 구간에 비하여 컸다. 상기 온도 구간에서 비조사 마늘분말, 생강분말, 후춧가루, 양파분말, 고춧가루, 참깨의 TL signal의 평균은 0.2 이하인 반면, 10 kGy 조사한 양파분말, 고춧가루, 참깨의 경우는 20 이상이었다. 10 kGy 조사한 양파분말, 고춧가루, 참깨를 배합 수프에 각각 또는 같이 혼합하였을 때 비조사 배합 수프의 경우 상기 온도 구간에서의 TL signal 평균이 각각 0.08 및 0.1이었으나 조사 재료를 혼합한 경우 7이 넘었다. 배합 수프를 1, 5, 10 kGy 방사선 조사한 TL signal 평균은 상기 온도 구간에서 10 이상이었다.

감사의 글

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다. 본 연구 수행에 협조해 준 독일연방소비자보건·수의학연구소(BgVV)의 Prof. Dr. K.W. Bögl과 Dr. G.A. Schreiber에 감사드립니다.

문 헌

1. Diel, J.F.: Evaluation of the wholesomeness of irradiated foods by expert groups and international agencies. In *Safety of Irradiated Foods*, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 209-215 (1990)
2. WHO: Wholesomeness of Irradiated Food, WHO Technical Report Series, 604, Geneva, Switzerland (1977)
3. IAEA: *Supplement to Food Irradiation Newsletter*, 19(2) (1995)
4. Diel, J.F.: Potential and actual applications of irradiated foods. In *Safety of Irradiated Foods*, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 217-253 (1990)
5. Morehouse, K.M., Ku, Y., Albrecht, H.L. and Yang, G. C.: Chromatographic and electron spin resonance investigations of gamma-irradiated frog legs. *Radiat. Phys. Chem.*, **32**, 61-68 (1991)
6. Lesgards, G., Raffi, J., Pouliquen, I., Chaouch, A.A., Giamarchi, P. and Prost, M.: Use of radiation-induced alkanes and alkenes to detect irradiated food containing lipids. *JAOCs*, **70**, 179-185 (1993)
7. Spiegelberg, A., Schulzki, G., Helle, N., Bögl, K.W. and Schreiber, G.A.: Methods for routine control of irradiated food: optimization of a method for detection of radiation-induced hydrocarbons and its application to various foods. *Radiat. Phys. Chem.*, **43**, 433-444 (1994)
8. Schreiber, G.A., Schulzki, G., Spiegelberg, A., Helle, N. and Bögl, K.W.: Evaluation of a gas chromatographic method to identify irradiated chicken, pork, and beef by detection of volatile hydrocarbons. *JAOC International*, **77**, 1202-1217 (1994)
9. Schulzki, G., Spiegelberg, A., Bögl, K.W. and Schreiber, G.A.: Detection of radiation-induced hydrocarbons in camembert irradiated before and after the maturing process-comparison of Florisil column chromatography and on-line coupled liquid chromatography-gas chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 372-376 (1995)
10. Choi, C.R. and Hwang, K.T.: Detection of hydrocarbons in irradiated and roasted sesame seeds. *JAOCs*, **74**, 469-

- 472 (1997)
11. Hwang, K.T., Park, J.Y. and Kim, C.K.: Application of hydrocarbons as markers for detecting post-irradiation of imported meats and fish (in Korean). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 1109-1115 (1997)
 12. Hwang, K.T., Park, J.Y. and Kwon, Y.J.: Hydrocarbons Detected in Irradiated Soybeans (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30** (1998) (in press)
 13. Lea, L.S., Dodd, N.J.F. and Swallow, A.J.: A method of testing for irradiation of poultry. *Int'l J. Food Sci. Technol.*, **23**, 625-632 (1988)
 14. Desrosiers, M.F. and Simic, M.G.: Postirradiation dosimetry of meat by electron spin resonance spectroscopy of bones. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 601-603 (1988)
 15. Sanderson, D.C.W., Slater, C. and Cairns, K.J.: Detection of irradiated food. *Nature*, **30**, 23-24 (1989)
 16. Heide, L. and Bögl, K.W.: The identification of irradiated spices with thermo- and chemiluminescence measurements. *Int'l J. Food Sci. Technol.*, **22**, 93-103 (1987)
 17. Schreiber, G.A., Ziegelmann, B., Quitzsch, G., Helle, N. and Bögl, K.W.: Luminescence techniques to identify the treatment of foods by ionizing irradiation. *Food Structure*, **12**, 385-396 (1993)
 18. Schreiber, G.A., Helle, N. and Bögl, K.W.: An inter-laboratory trial on the identification of irradiated spices, herbs, and spice-herb mixtures by thermoluminescence analysis. *JAOAC International*, **78**, 88-93 (1995)
 19. Schreiber, G.A., Hoffmann, A., Helle, N. and Bögl, K. W.: Methods for routine control of irradiated food: determination of the irradiation status of shellfish by thermoluminescence analysis. *Radiat. Phys. Chem.*, **43**, 533-544 (1994)
 20. Hwang, K.T., Uhm, T.B., Wagner, U., and Schreiber, G. A.: Application of thermoluminescence to detecting post-irradiation of onion and garlic (in Korean). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 63-68 (1998)

(1998년 3월 27일 접수)