

DEFT/APC 측정에 의한 시판 분말수프의 살균처리여부 확인 및 감마선 처리에 따른 품질특성 평가

안재준 · 김광훈¹ · 박성현¹ · 권중호*
경북대학교 식품공학과, ¹그린피아기술(주)

Screening of Sterilized *Ramen* Soup by DEFT/APC Method and Its Quality Properties as Affected by Irradiation

Jae-Jun Ahn, Kwang-Hoon Kim¹, Sung-Hyun Park¹, and Joong-Ho Kwon*
Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University
¹Greenpia Technology Inc.

Abstract The DEFT (direct epifluorescent filter technique)/APC (aerobic plate count) test was utilized to screen powdered *Ramen* soup samples (RS-1, RS-2) whether or not they have been microbial-decontaminated. The initial microbial loads of commercially-packaged samples were log DEFT 6.46 (RS-1) and 7.05 (RS-2), but the viable bacterial counts were log APC 2.74 (RS-1) and 1.95 (RS-2), respectively; this finding showed that they have been already decontaminated by methods other than irradiation. The same samples were then subjected to gamma irradiation at 0, 5 and 10 kGy in order to evaluate the microbial and physicochemical changes during post-irradiation storage for 6 months under room conditions (10±3°C). The DEFT count was constant in irradiated samples even at different doses, but APC decreased with dose increases; this implies that the log DEFT/APC increased in a linear fashion with dose. No coliforms, yeasts and molds were detected in any of the samples, whereas the initially detected aerobic bacteria (5.49×10² CFU/g) were inactivated by 5 kGy or more and no growth was observed during the subsequent storage period. The pH of RS-1 was reduced by irradiation (*p*<0.01), but increased (*p*<0.01) with increasing storage time. Irradiation induced a reduction in volatile basic nitrogen (VBN), whereas an increase in thiobarbituric acid (TBA) values was observed. The storage time proved more influential than irradiation up to 10 kGy in terms of changes in the VBN and Hunter's color values of powdered *Ramen* soups.

Key words: *ramen* soup, DEFT/APC, irradiation, storage, quality

서 론

라면은 1958년 일본에서 최초로 상업화된 이래, 간편하고 쉽게 먹을 수 있는 특징을 지니고 있어 세계적으로 널리 애용되는 인스턴트식품이다. 우리나라에서는 1963년 최초로 라면이 생산된 이래, 약 3,000만 톤 이상의 수출량(2007)을 기록하고 있다(1). 라면의 기호도는 대부분 수프에 의해서 결정되며, 맛있는 수프의 제조를 위해서 다양한 부재료가 필요하다. 특히 이들 원료들은 건조, 유통 및 제조과정에서 미생물이 오염될 가능성이 크므로 반드시 살균 또는 살충처리가 요구된다(2). 특히 국내 식품공전에는 복합조미식품의 미생물 규격기준을 수분 8% 이하, 대장균 음성(불검출)으로 정하고 있으므로 라면의 안전한 유통을 위해서는 미생물학적 품질관리가 필요하다.

일반적으로 라면수프와 같은 복합조미식품의 살균방법으로는

훈증처리, 자외선조사, microwave 조사, 증기살균 등(3-5)이 있다. 그러나 이들 방법들은 살균효과가 불충분하거나 향미성분의 변화 등 품질 저하가 발생될 수 있다. 또한 훈증처리는 살균 후 재포장에 따른 2차오염의 가능성이 있고 영양소의 파괴(6), 유독성분의 생성 및 잔류(7) 등의 문제점으로 인해 대부분 사용이 금지되었다(8). 따라서 미국 FDA(1986)는 향신료 및 건조 채소류의 살균을 위해 30 kGy까지의 방사선 조사를 허가하였고(9), 국내에서는 현재 향신료 및 복합조미식품에 대해 10 kGy까지의 감마선 조사를 허가한 바 있다(10). 이와 같이 식품의 미생물학적 안전성 확보가 식품산업의 핵심적인 과제가 됨에 따라 방사선조사(11)를 포함한 다양한 살균방법이 연구 개발되고 있으며, 이와 관련하여 관리제품의 살균처리 공정에서는 사전 살균처리 여부의 확인이 필요할 수 있다. DEFT/APC(direct epifluorescent filter technique/aerobic plate count) 측정은 원래 우유의 미생물 측정용으로 개발된 방법이다. 이는 살균처리 이전 식품에 처음 존재하였던 총 미생물의 농도(initial microbial load)를 DEFT법에 의해 확인하고, 아울러 살균처리 후 APC법에 의해 생균수를 측정함으로써 미시시료의 사전 살균처리 여부를 확인할 수 있는 방법이다(12). 또한 DEFT/APC 방법은 방사선을 조사한 식품의 미생물학적 변화를 관찰하는 스크리닝 방법으로서 차류, 약초류, 닭고기 등에 적용된 바도 있다(13).

이에 본 연구는 국내에서 유통되고 있는 다소비 라면용 분말

*Corresponding author: Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
Tel: 82-53-950-5775
Fax: 82-53-950-6772
E-mail: jhkwon@knu.ac.kr
Received August 3, 2009; revised August 28, 2009;
accepted September 2, 2009

수프를 대상으로 DEFT/APC 방법에 의해 사전 살균처리 여부를 확인하였다. 또한 사전 살균처리가 되었다하더라도 그 정보가 없는 경우에는 방사선 조사 등에 의해 다시 살균 처리될 수 있으므로, 국내에서 허가된 감마선을 시료에 처리하여 대조구와 함께 6개월간 저장하면서 잔존 미생물의 생육특성과 품질변화를 분석하여 관련 기술자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 라면수프는 시중에서 유통되고 있는 라면 중 다소비 분말수프 2종을 B사에서 제공받아 RS-1과 RS-2로 구분하여 사용하였다. 본 시료는 PE(polyethylene)-laminated film에 10-10.5 g 단위로 포장된 상태였으며, 이를 그대로 감마선 조사 시료로 사용하였다.

감마선 조사 및 저장

포장된 라면수프 시료의 감마선 조사는 ^{60}Co 조사시설(AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 국내 식품공전(10)에 허용된 선량범위인 5 및 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric/cerous dosimeter를 사용하였다($\pm 5.4\%$). 조사된 시료는 비조사 시료와 함께 실온 압소($10\pm 3^\circ\text{C}$)에 6개월간 저장하면서 실험에 사용하였다.

DEFT/APC 측정

시료에 대한 DEFT(direct epifluorescent filter technique)/APC(aerobic plate count) 분석방법은 EN 13783(13)에 준하여 10배 희석법으로 희석된 시료용액(10^{-1} - 10^{-4})을 제조하고 분산을 위하여 교반한 후 여과(직경 110 mm, pore size 20-25 μm , Whatman 41, England)하여 사용하였다. DEFT 실험은 제조된 시료용액 2 mL를 취하여 polypropylene filter(직경 25 mm, pore size 10 μm , Millipore, Billerica, MA, USA)와 white polycarbonate filter(직경 25 mm, pore size 0.6 μm , Millipore)에 장착되어 있는 진공여과기(filtration manifold tower, Millipore)로 옮겨 세척하고, acridine orange buffer 용액 2.5 mL로 여과된 미생물을 염색하였다. 그리고 APC 실험은 희석용액 0.1 mL를 취하여 평판배지(plate count agar, Difco, Sparks, MD, USA)에 도말 하고 $30\pm 1^\circ\text{C}$ 항온배양기에서 48시간 동안 뒤집어서 배양하였다. 배양된 호기적 생균수는 계수하여 희석법으로 계산한 다음 Log unit로 환산하였다. 관찰된 총 균수와 생균수의 비는 Wirtanen 등(14)의 방법에 따라 시료 g 당 DEFT(X)는 현미경 관찰 면적(microscope field, N/n), 시료의 희석배수(DF), microscopy factor(MF) 당 DEFT unit의 평균값으로 아래 식에 의해 계산하였다.

$$X = \text{DEFT count/g} = (N \times MF \times DF) / n$$

여기에서 N은 n microscope field에서 계산된 DEFT units의 합, n은 측정된 microscope field의 수, MF는 microscopy factor(=FA/MA \times V). FA는 membrane filter의 면적(πR^2 , R은 filtration tower의 밑부분 반경), MA는 microscope field의 면적(πr^2 , r은 microscope field의 반경), V는 시료의 부피(mL).

DEFT/APC의 log unit 값은 3회 반복한 실험한 결과로 계산하여 평균값을 구하였다.

미생물 생육시험

시료의 총 균수(total aerobic bacteria)는 APHA 표준방법(15)에 따라 멸균 peptone수로 10배수 연속 희석한 다음 plate count agar(Difco)를 사용하여 37°C 에서 24시간 이상 배양한 후 생성된 미생물의 집락을 계수하여 시료 1 mL 당 미생물 수(colony forming unit, CFU)로 나타내었다. 효모 및 곰팡이(yeasts & molds)(16,17)는 potato dextrose agar(Difco)를 사용하여 살균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조정한 후 평판법으로 30°C 에서 2일간 배양한 후 계수하였다. 대장균군(coliforms)은 desoxycholate lactose agar(Difco)를 사용하여 pour plate method(15)로 37°C 에서 1-2일간 배양하여 적색의 집락을 계수하였다.

pH 측정

저장 기간에 따른 pH의 측정은 분말 시료 3 g에 pH를 7로 조절된 27 mL의 증류수를 가하고 상온에서 3시간 추출(200 rpm)한 후 4°C 에서 8,000 rpm으로 20분간 원심 분리하였다. 추출액 Whatman No. 41로 여과한 후 pH meter(ORION 3 STAR, THERMO electron Corporation, San Jose, CA, USA)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

VBN 측정

라면수프의 품질안정성을 확인하기 위하여 휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)의 함량을 Conway unit를 이용하는 미량확산법(18)으로 측정하였다. 즉, 시료 희석액 1 mL를 취하여 Conway 수기 외실에 넣었다. 내실에는 0.01 N H_2BO_3 1 mL를 넣고 K_2CO_3 1 mL를 빠르게 외실에 주입하여 밀폐한 다음 조심스럽게 흔들어 섞은 후 37°C 에서 120분간 정치하였다. 정치가 끝난 수기는 0.02 N의 H_2SO_4 용액으로 적정하여 측정하였다.

TBA 측정

방사선 조사에 따른 시료의 지방질 산패도를 알아보기 위하여 Turner 등의 방법(19)에 따라 지방질 산화 시 생성되는 malondialdehyde와 2-thiobarbituric acid의 정색반응으로 비색 정량하였다. 즉, 시료 1 g에 2 N phosphoric acid에 용해한 20% TCA(trichloroacetic acid) 용액 2.5 mL와 0.01 N TBA(2-thiobarbituric acid) 용액 5 mL를 가하여 열탕조에서 흔들어 주면서 30분간 가열한 후 ice bath에서 10분간 냉각시키고 isoamyl alcohol-pyridine(2:1, v/v) 용액 7.5 mL를 가하여 2 분간 혼합하였다. 상층액은 여지(Whatman No. 41)로 여과한 후 여액을 UV-Visible spectrophotometer(UV-160 PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 538 nm에서 흡광도를 측정하였다.

기계적 색도 측정

방사선 조사된 라면수프 시료에 대한 기계적 색도는 Chroma-meter(CR-200, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 명도 L값(lightness), 적색도 a값(redness), 황색도 b값(yellowness)을 측정하였다. 시료는 무작위로 취하여 petridish에 담은 후 각 처리군 별로 동일한 조건에서 5회 반복 측정하여 평균 및 표준편차로 나타내었으며 표준편차는 $L=97.79$, $a=-0.38$, 및 $b=2.05$ 인 백판을 사용하였다(20,21).

결과분석

방사선 조사된 라면수프 시료의 품질특성의 실험결과는 Origin

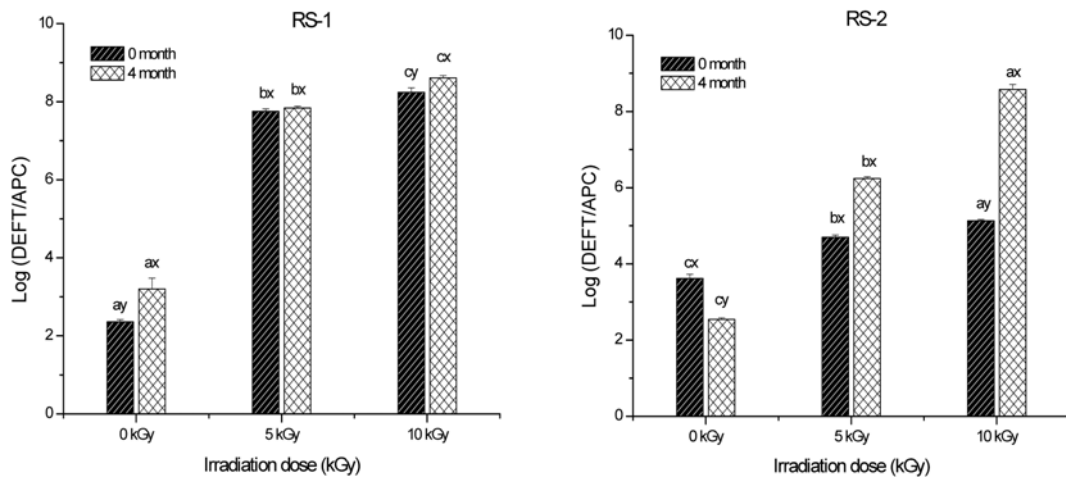


Fig. 1. Histogram of log (DEFT/APC) of irradiated Ramen soup. ^{a-c}Values with different superscript letters in the same storage period are significantly different ($p < 0.05$). ^{x-y}Values with different superscript letters in the same irradiation dose are significantly different ($p < 0.05$).

(22)에 의해 분석하였고, 처리군 간의 유의성 검정은 SAS(23)에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

시료의 살균처리 여부 확인

DEFT 방법은 살균처리 후 식품에 존재하는 미생물의 수(생균수+사균수)를 측정하는 방법으로서 이를 APC와 비교하여 원래 식품에 존재하였던 미생물 수를 파악할 수 있다(12). 본 실험에 사용된 라면수프 시료의 초기 미생물수는 6.43-6.59(RS-1) 및 7.05-7.08(RS-2)의 log DEFT 값을 나타내었으나, 생균수는 2.74(RS-1), 1.95(RS-2)로 매우 낮은 미생물 농도를 나타내었다(Table 1). 또한 log DEFT 값과 log APC 값의 비(Dc, log DEFT/log APC)는 2.36(RS-1), 3.62(RS-2)로 나타나 원래 수프에(가공 전) 존재하였던 미생물의 수가 가공 후 크게 감소하였음을 알 수 있었다(Fig. 1). 본 연구에서 DEFT/APC 방법을 사용하여 초기 미생물 농도가 매우 낮은 분말수프시료에 대하여 사전 위생화 처리여부를 확인한 바 사전 살균처리가 이루어진 제품임을 확인하였다.

시료의 방사선 조사 여부 확인

지금까지 DEFT/APC 방법은 방사선 처리여부를 스크리닝 방법으로서의 가능성이 제시되었다(13). Oh 등(25)은 감마선 0.5 kGy으로 조사한 곡류와 콩의 Dc 값은 2-3범위로 나타났다고 하였으며, 방사선 조사한 향신료와 육류(14,26-28)에서는 3 이상의 Dc 값이 보고된 바 있다. 본 실험의 라면수프시료(RS-1, RS-2)는 Fig. 1과 같이 비 조사구에서 이미 2 이상의 Dc 값을 나타내었으며 5 kGy 이상의 조사구에서는 이보다 훨씬 큰 값을 보여주어 라면수프의 경우 조사여부의 스크리닝에 DEFT/APC 측정법의 적용이 불가능한 것으로 확인되었다. 따라서 시료의 방사선 조사여부를 판별하기 위하여 ESR 분석을 실시한 결과(29), 감마선 2.5 kGy 이상 조사구는 crystalline sugar 유래의 multi-components radical(radiation-induced radical)의 spectrum이 발견되었으나 비조사구(0 kGy)의 경우 특이적인 ESR spectrum이 나타나지 않아 본 시료는 방사선 조사되지 않은 것으로 확인되었다. 이와 같이 대조구(0 kGy)는 그 이상의 Dc 값을 나타내었으나, 방사선 조사여부 확인시험에서는 방사선 조사되지 않은 것으로 확인되어 방사

선 조사가 아닌 다른 방법에 의해서 위생화 처리되었음을 알 수 있었다. 라면수프의 생균수(log APC)는 선량이 증가함에 따라 감소하여 라면수프(RS-1, RS-2)의 Dc 값은 선량에 따라 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1). 이는 시료의 초기균수(log DEFT)는 처리구에 상관없이 거의 유사한 경향을 보였으나 생균수(log APC)는 조사선량이 증가할수록 점차 감소하였기 때문이다. 저장초기 시료에 대한 Dc 값의 R²는 0.8120(RS-1)과 0.9424(RS-2)로 조사선량에 비례하여 직선적인 증가를 나타내어 이 등(26)의 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다.

방사선 조사 후 미생물 생육특성

이상의 DEFT/APC 실험결과에도 불구하고 분말수프 등 복합조미식품은 미생물학적 안전성 확보를 위하여 감마선 조사 등에 의해 살균 처리되어 유통될 수 있다. 따라서 본 실험에서는 시료수프에 허가 선량을 기준으로 감마선을 처리하여 미생물의 사멸과 저장 중 생육특성을 확인하였다(Table 2). 시료의 미생물 농도는 수프의 종류에 따라 차이를 보이면서 호기성 총균수는 5.49×10^2 CFU/g 수준으로 매우 낮았으며, 5 kGy 이상의 감마선 조사로써 거의 사멸되었다. 그리고 두 시료에서 곰팡이 및 효모와 대장균군은 검출되지 않았다. 그리고 6개월 저장 중 모든 처리구에서 미생물 수준은 "not detectable(the minimum detection level as 20 CFU per g)" 이하를 나타내어 미생물학적으로 안전함을 알 수 있었다. 본 실험에 사용된 2종의 수프는 다소비 시판 라면용 분말수프로서 수종의 부원료들이 사용됨에 따라 무처리군에서도 높은 미생물 농도가 예상되었으나(30) 매우 낮은 수준을 나타내어 현행 식품업계에서는 방사선 조사 이외의 살균법을 사용하는 것으로 예상되었다. 이상의 실험결과는 변 등(30)의 방사선 조사된 즉석라면수프의 미생물 살균특성에 관한 연구결과를 잘 뒷받침 하였으며, 특히 방사선 조사에 따른 이화학적 품질의 변화는 수프의 종류와 저장조건에 따라 영향을 받게 됨을 시사하고 있다.

방사선 조사 후 이화학적 품질특성

방사선 조사된 라면수프의 저장기간에 따른 pH의 변화는 Table 3과 같다. 비 조사 라면수프의 저장 초기 pH는 5.40(RS-1), 5.24(RS-2)를 나타내었다. 감마선 조사 후 pH를 측정된 결과는 RS-1은 5 kGy 5.32, 10 kGy 5.28로 대조구에 비해 유의적으로 감소한 반면, RS-2는 5 kGy 5.27, 10 kGy 5.28의 값을 나타내어 대조구

Table 1. Logarithmic microbial counts of irradiated *Ramen* soup

Sample	Log unit	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)		
			0	5	10
RS-1	Log DEFT ¹⁾	0	6.46	6.59	6.43
		4	6.62	6.27	6.63
	Log APC ²⁾	0	2.74	0.85	0.78
		4	2.07	0.91	0.86
RS-2	Log DEFT	0	7.05	7.14	7.08
		4	6.83	7.36	7.29
	Log APC	0	1.95	1.52	1.38
		4	2.69	1.18	0.85

¹⁾Direct epifluorescent filter technique.

²⁾Aerobic plate count.

와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그리고 저장기간의 경과에 따른 조사시료의 pH 변화에서 시료 RS-1은 유의적으로 증가하는 반면, 시료 RS-2는 저장기간이 지남에 따라 대조구는 유의적으로 낮은 pH 값을 보였으나 감마선 조사구는 유의적인 변화가 없었다. Lee와 Kim(31)은 가다랑어 훈연 조미식품의 pH를 저장기간에 따라 측정된 결과, 저장 60일 후 급격히 감소하였다가 서서히 줄어들었다고 보고하여, 본 연구의 분말조미식품의 결과와 대조를 이루었다. 그러나 Lee 등(32)은 5 kGy까지 감마선 조사된 양념창란젓갈의 pH는 초기에 감소하였다고 하여 본 실험결과와 결과와 유사하였다. 방사선 조사식품의 pH 변화는 초기에는 유기산이나 유리아미노산의 생성 등 화학적 변화가 주요 원인이지만, 저장 중 pH의 변화는 미생물의 사멸이나 증식이 관련되어 있다. Lefebvre 등(33)은 방사선 조사식품의 pH 감소는 유기산의 생성과 저장기간 동안 그람양성균의 비율이 높아지기 때문이며, 또한 amine 화합물의 함량 증가는 그람음성균의 비율을 높여 pH가 증가한다고 보고한 바 있다.

한편 방사선 조사된 라면수프의 휘발성 염기질소(VBN)의 함량에 대한 영향에서는 대조구 및 조사 처리된 시료의 저장기간에 따른 그 함량 변화를 Table 4에 나타내었다. 저장 초 두 시료의 VBN 함량은 감마선 조사에 따라 낮은 값을 보였으며, 저장기간의 경과에 따라 증가하는 경향이었으나 대조구의 변화가 크게 나타났다. 특히 초기 함량이 낮은 RS-1 시료는 조사여부에 따라 유의적인 차이가 없었으나, 초기 함량이 높은 RS-2 시료에서는 조사구에 비해 비조사구에서 저장 중 증가현상이 심하게 나

Table 2. Microbiological qualities of gamma-irradiated *Ramen* soup during storage (Unit: CFU/g)

Sample	Micro-organism	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)		
			0	5	10
RS-1	Total aerobic bacteria	0	5.49×10 ²	N.D	N.D
		3	N.D ¹⁾	N.D	N.D
		6	N.D	N.D	N.D
	Yeasts & molds	0	N.D	0	0
		3	N.D	0	0
		6	0	0	0
Coliforms	0	0	0	0	
	3	0	0	0	
	6	0	0	0	
RS-2	Total aerobic bacteria	0	N.D	N.D	N.D
		3	N.D	N.D	N.D
		6	N.D	N.D	N.D
	Yeasts & molds	0	N.D	0	0
		3	0	0	0
		6	N.D	0	N.D
Coliforms	0	0	0	0	
	3	0	0	0	
	6	0	0	0	

¹⁾Not detectable with the minimum detection level as 20 CFU per g.

타났다(Table 4). Lee 등(32), Lee와 Kim(31)의 연구에서는 식품의 휘발성 염기질소량은 저장 중 증가하며, 조사선량이 증가할수록 대조구에 비해 낮은 휘발성염기질소량을 나타내었다고 보고되어 본 연구의 결과와 일치하는 경향이였다.

라면수프 시료의 저장기간과 조사선량에 따른 지방질 산패 경향을 Table 5에 나타내었다. 시료의 TBA 값은 조사선량이 증가할수록, 저장기간이 지날수록 증가하는 경향을 나타내었다. 각 시료 TBA의 변화는 저장기간 중 조사선량과 높은 정의 상관관계(R²)를 보이면서 RS-1은 0.9815, RS-2는 0.9868을 나타내었다. 이는 시료에 함유된 지방질이 방사선 조사와 저장기간에 따라 malonaldehyde의 생성을 유도하여 높은 TBA 값을 나타낸 것이며, 일반적으로 방사선 조사에 의한 지방질의 산패는 이온화된 유리기에 의해 촉진되며 조사선량에 의존적임이 알려진 바 있다

Table 3. Changes in pH of gamma-irradiated *Ramen* soup during storage

Sample	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)			F value ¹⁾
		0	5	10	
RS-1	0	5.40±0.02 ^{2)az}	5.32±0.02 ^{bz}	5.28±0.03 ^{cy}	27.55***
	3	5.47±0.01 ^{ay}	5.43±0.01 ^{by}	5.41±0.01 ^{bx}	25.13***
	6	5.51±0.03 ^{ax}	5.48±0.02 ^{ax}	5.47±0.05 ^{ax}	0.86
	F value	20.73***	105.41***	26.99***	
RS-2	0	5.24±0.02 ^{ay}	5.27±0.02 ^{ax}	5.28±0.01 ^{ax}	2.61
	3	5.22±0.02 ^{axy}	5.20±0.07 ^{ax}	5.26±0.05 ^{ax}	2.36
	6	5.18±0.04 ^{ax}	5.24±0.01 ^{ax}	5.24±0.02 ^{ax}	1.54
	F value	6.29**	1.10	3.88*	

¹⁾*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01.

²⁾Means±standard deviations (n=3).

^{ax-c}Values within the same row with different superscript letters are significantly different.

^{az-z}Values within the same column with different superscript letters are significantly different.

Table 4. Volatile basic nitrogen content of gamma-irradiated *Ramen* soup during storage

(Unit: mg%)

Sample	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)			F value ¹⁾
		0	5	10	
RS-1	0	17.73±4.28 ^{2)jaz}	14.93±4.28 ^{ax}	16.80±0.00 ^{ax}	1.00
	3	19.60±4.85 ^{ay}	18.67±1.62 ^{ax}	21.47±5.83 ^{ax}	0.49
	6	21.64±3.23 ^{ax}	21.32±1.62 ^{ax}	21.66±2.80 ^{ax}	1.78
	F value	66.94***	4.43*	2.00	
RS-2	0	28.00±2.80 ^z	22.40±2.80 ^y	20.53±5.83 ^{ax}	2.74
	3	34.53±1.62 ^y	26.13±3.23 ^{bxy}	23.33±1.62 ^{bx}	36.06***
	6	38.69±4.28 ^{ax}	28.56±2.48 ^{bx}	25.64±2.80 ^{cx}	405.19***
	F value	23.80***	7.46**	1.61	

¹⁾* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.²⁾Means±standard deviations (n=3).^{a-c}Values within the same row with different superscript letters are significantly different.^{x-z}Values within the same column with different superscript letters are significantly different.**Table 5. Changes in TBA value (O.D.) of gamma-irradiated *Ramen* soup during storage**

Sample	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)			F value ¹⁾
		0	5	10	
RS-1	0	0.32±0.10 ^{2)jax}	0.45±0.11 ^{ax}	0.53±0.16 ^{ax}	2.29
	3	0.39±0.08 ^{ax}	0.47±0.11 ^{ax}	0.53±0.10 ^{ax}	1.73
	6	0.34±0.08 ^{bx}	0.48±0.06 ^{abx}	0.55±0.11 ^{ax}	4.88*
	F value	0.51	0.07	0.02	
RS-2	0	0.38±0.09 ^{ax}	0.48±0.11 ^{ax}	0.63±0.20 ^{ax}	2.32
	3	0.41±0.12 ^{ax}	0.49±0.16 ^{ax}	0.66±0.11 ^{ax}	3.00
	6	0.39±0.13 ^{ax}	0.52±0.08 ^{ax}	0.65±0.13 ^{ax}	3.74*
	F value	0.04	0.13	0.05	

¹⁾* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.²⁾Means±standard deviations (n=3).^{a-c}Values within the same row with different superscript letters are significantly different.^{x-z}Values within the same column with different superscript letters are significantly different.**Table 6. Hunter's colors value of gamma-irradiated *Ramen* soup RS-1 during storage**

Hunter parameter ¹⁾	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)		
		0	5	10
L	0	64.34±0.46 ^{2)jax}	63.12±0.19 ^{bx}	62.99±0.05 ^{bx}
	3	61.07±1.94 ^{ay}	61.74±0.14 ^{ay}	61.87±0.44 ^{axy}
	6	60.44±1.06 ^{ay}	60.89±0.88 ^{ay}	60.92±0.70 ^y
a	0	4.46±0.20 ^{by}	4.81±0.05 ^{ax}	4.93±0.08 ^{bx}
	3	5.15±0.35 ^{ax}	4.94±0.12 ^{ax}	4.86±0.38 ^{ax}
	6	5.21±0.01 ^{ax}	4.98±0.03 ^{bx}	4.80±0.04 ^{cx}
b	0	16.93±0.20 ^{by}	17.52±0.13 ^{ax}	17.74±0.12 ^{ax}
	3	17.64±0.94 ^{ax}	16.97±0.10 ^y	16.86±0.86 ^y
	6	18.15±0.16 ^{ax}	16.74±0.14 ^{by}	16.71±0.40 ^{by}
ΔE	0	0.00±0.00 ^y	0.96±0.22 ^y	1.22±0.13 ^y
	3	4.16±1.23 ^{ax}	2.66±0.36 ^{ax}	2.51±0.94 ^{axy}
	6	4.16±1.03 ^{ax}	3.50±0.87 ^{ax}	3.46±0.68 ^{ax}

¹⁾L: Degree of whiteness (white +100↔0 black).

a: Degree of redness (red +100↔-80 green).

b: Degree of yellowness (yellow +70↔-80 blue).

ΔE: Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).²⁾Means±standard deviations (n=3).^{a-c}Values within the same row with different superscript letters are significantly different at $p < 0.05$.^{x-z}Values within the same column with different superscript letters are significantly different at $p < 0.05$.

Table 7. Hunter's color value of gamma-irradiated *Ramen* soup RS-2 during storage

Hunter parameter ¹⁾	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)		
		0	5	10
L	0	61.03±1.23 ^{2)ax}	59.03±0.09 ^{bx}	58.90±0.50 ^{bx}
	3	58.22±1.06 ^{ay}	59.28±1.90 ^{ax}	59.34±0.52 ^{ax}
	6	56.24±1.09 ^{by}	59.73±0.45 ^{ax}	59.79±0.36 ^{ax}
a	0	10.26±0.51 ^{ax}	10.38±0.19 ^{ax}	10.63±0.01 ^{ax}
	3	10.20±0.35 ^{ax}	9.86±0.24 ^{ay}	10.12±0.33 ^{ay}
	6	10.11±0.22 ^{ax}	9.12±0.12 ^{bz}	9.96±0.04 ^{ay}
b	0	25.99±1.70 ^{ax}	25.63±0.08 ^{ax}	26.33±0.44 ^{ax}
	3	23.21±0.86 ^{by}	24.37±0.93 ^{aby}	25.30±0.56 ^{ay}
	6	22.16±0.02 ^{cy}	23.40±0.13 ^{by}	24.19±0.08 ^{az}
ΔE	0	0.00±0.00 ^{bz}	3.84±0.15 ^{ax}	4.36±0.18 ^{ax}
	3	4.09±0.40 ^y	2.52±1.94 ^{ax}	1.88±0.66 ^{ay}
	6	6.16±0.84 ^{ax}	3.14±0.10 ^{bx}	2.22±0.22 ^{by}

¹⁾L: Degree of whiteness (white +100↔0 black).

a: Degree of redness (red +100↔-80 green).

b: Degree of yellowness (yellow +70↔-80 blue).

ΔE: Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).

²⁾Means±standard deviations (n=3).

^{a-c}Values within the same row with different superscript letters are significantly different at $p<0.05$.

^{x-z}Values within the same column with different superscript letters are significantly different at $p<0.05$.

(34). Lakshmanan 등(35)은 방사선 조사된 멸치의 TBA가는 조사 후 5-9일에 가장 높은 값을 나타내었다가 감소한다고 하였으며, 이는 지질의 3차 분해로 malonaldehyde가 소멸된 것이라고 추정 하였다.

방사선 조사된 라면수프의 색도를 측정 한 결과는 Table 6, 7과 같다. RS-1의 경우 조사선량이 증가함에 따라 명도(L값)는 감소 하였고, 적색도(a값), 황색도(b값)는 증가하는 경향을 나타내었다. 색차(ΔE) 역시 조사선량이 증가할수록 증가하였으나 근소한 차이(slight) 정도였고, 3개월 저장 후에는 0kGy의 경우 4.16으로 현저한 차이(appreciable)를 나타내었으며, 오히려 감마선 조사시료 (5, 10 kGy)에서는 2.66과 2.51의 감지할 수 있을 정도(noticeable)로 변화가 작았다(20). 이는 조사선량에 따라 시료의 색이 변화 하나 저장기간이 지날수록 방사선 조사보다는 저장기간의 영향이 큼을 알 수 있었다(14). RS-2의 경우 조사선량이 증가함에 따라 명도(L)가 다소 감소된 반면 적색도(a)와 황색도(b)는 유의적인 변화가 없었다. 또한 저장 중 조사군의 색도는 비교적 안정하였으나 비조사 대조구의 명도와 황색도가 유의적으로 감소하였다. 전반적 색차(ΔE) 값은 조사선량이 증가할수록 증가하는 경향이었으나 저장 3개월 후 비조사구는 저장 초기에 비해 4.09의 값을 보여 현저한 차이(appreciable)를 나타내었다. 그러나 조사구(5, 10 kGy)는 근소한 차이(slight)를 나타내면서 대조구보다 변화폭이 작았다(20). 전반적으로 라면 분말수프의 색 변화는 감마선 조사보다는 저장기간의 영향이 큰 것을 알 수 있었으며, 이는 저장기간에 따라 비조사 시료의 색차 값이 조사 시료보다 더 크게 나타나 방사선 조사가 라면수프의 색상의 변화에 비교적 안정적인 영향을 알 수 있었다(21,30,34).

본 연구에서 수행한 DEFT/APC 방법의 적용은 라면수프뿐만 아니라 각종 가공식품의 사전 위생화 살균처리 여부를 확인할 수 있는 스크리닝 방법으로서 적용가능성이 확인되었다.

요 약

시판 라면분말수프(RS-1, RS-2)의 사전 위생화 처리여부를 알아보기 위하여 DEFT(direct epifluorescent filter technique)/APC(aerobic plate count) 측정을 실시한 결과, 사전 살균처리가 이루어진 제품임을 확인하였다. 시료의 초기 존재했던 균수인 log DEFT는 RS-1 6.46, RS-2 7.05를 보이면서 조사선량에 따라 거의 변화가 없었으나 총 평균수인 log APC는 RS-1 2.74와 RS-2 1.95를 보이면서 조사선량의 증가에 따라 감소하였으며 이로써 log DEFT/APC 값은 점차 증가하는 경향이였다. 또한 사전 살균여부가 알려지지 않을 경우 방사선에 의해 위생화 처리될 수 있음을 감안, 5 및 10kGy의 감마선 조사에 따른 미생물학적, 이화학적 품질을 실온(10±3°C)에서 6개월 저장 중 평가하였다. DEFT count는 조사선량에 무관하게 일정한 범위의 값을 보여주었으나 평균수(APC)는 조사선량에 따라 유의적으로 감소하였다. 본 시료에서는 대장균군과 효모 및 곰팡이는 검출되지 않았으며, 초기 호기성 세균은 5 kGy 이상에서 사멸되었고 실온 저장 6개월 동안 뚜렷한 생육이 없었다. 라면수프 RS-1은 조사선량에 따라 pH가 감소하였고($p<0.01$) 저장 중에는 증가하는 경향을 보였다($p<0.01$). 조사선량의 증가로 라면수프의 VBN 함량은 감소하는 경향을, TBA가는 증가하는 경향을 보였으며, VBN 함량과 기계적 색도는 10 kGy까지의 감마선 조사에는 비교적 안정적이었으나 저장 조건의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 이공계 전문가 기술지원 서포터즈 사업(안식연연구 년교수 심층지원사업) 수행 결과의 일부이며 지원에 감사드립니다.

문헌

1. Korea Agro-fisheries Trade Corporation. Korea Agro-fisheries trade information. Available from: <http://www.kati.net>. Accessed Aug. 1, 2008.
2. KFDA. Food Code. Korea Food & Drug Administration. Seoul, Korea. p. 2-1-9 (2008)
3. Thiessen F. Behaviour of natural spices and spice extracts when subjected to heat. *Fleischwirtschaft* 50: 813-816 (1970)
4. Thiessen F, Scheide J. Heat sensibility of natural spices and spice essences. *Fleischwirtschaft* 50: 317-322 (1970)
5. Vajdi M, Pereira NN. Comparative effects of ethylene oxide, gamma irradiation, and microwave treatment of selected spices. *J. Food Sci.* 38: 893-895 (1973)
6. Scudamore KA, Heuser SG. Ethylene oxide and its persistent reaction products in wheat flour and other commodities, Residues from fumigation or sterilization and effect processing. *Pestic. Sci.* 2: 80-91 (1971)
7. Wesley F, Rourke B, Darbishire O. The formation of persistent toxic chlorohydris in foodstuffs by fumigation with ethylene oxide and with propylene oxide. *J. Food Sci.* 30: 1037-1042 (1965)
8. Ozone Secretariat UNEP. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Secretariat for The Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer & The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Nairobi, Kenya. pp. 16-29. (2000)
9. International Atomic Energy Agency. Food Irradiation Clearances Database. Available from: <http://nucleus.iaea.org>. Accessed July 5, 2008.
10. KFDA. Food Code. Korea Food & Drug Administration. Seoul, Korea. p. 5-21-10 (2008)
11. CAC. Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of food. Vol. XV Codex Alimentarius Commission. FAO, Rome, Italy (1984)
12. Boisen F, Skovgaard N, Ewald S, Olsson G, Wirtanen G. Quantitation of microorganisms in raw minced meat using the direct epifluorescent filter technique: NMKL collaborative study. *J. AOAC Int.* 75: 465 - 473 (1992)
13. CEN. Detection of irradiated food using Direct Epifluorescent Filter Technique/Aerobic Plate Count (DEFT/APC)-Screening method. ComitEuropen de Normalisation, Brussels, Belgium. English version of EN 13783 (2000)
14. Wirtanen G, Sjberg AM, Boisen F, Alnko T. Microbiological screening method for indication of irradiation of spices and herbs : A BCR collaborative study. *J. AOAC Int.* 76: 674-681 (1993)
15. Harrigan WF, McCance ME. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London, UK. pp. 71-72 (1976)
16. Kwon JH, Byun MW, Kim JS. Microbiological and organoleptic qualities of boiled-dried anchovies during post-irradiation period. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 283-287 (1996)
17. Kwon OJ, Byun MW. The combined effect of heat and gamma irradiation on the inactivation of selected microorganism associated with food hygiene. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 803-809 (1996)
18. Koshaka K. Freshness preservation of food and measurement. *Food Ind.* 18: 105-111 (1975)
19. Turner FW, Paynter WD, Montie EJ, Bessert MW, Struck GM, Olson FC. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity of frozen pork. *Food Technol.* 8: 326-330 (1954)
20. Han E. Numerical principles of food color from NBS unit. *Bull. Food Technol.* 4: 41-46 (1991)
21. Cho HO, Byun MW, Kwon JH, Lee JW. Effects of gamma irradiation and ethylene oxide fumigation on the quality of dried marine products (shrimp, anchovy). *Korean J. Food Hyg.* 2: 21-27 (1987)
22. MS Inc. Origin tutorial manual. version 6.0, Microcal Software, Northampton, MA. UK (1999)
23. SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's Guide. Release 8.01, Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (2000)
24. Lee NY, Jo C, Shin DH, Kim WG, Byun MW. Effect of irradiation on pathogens inoculated into ready-to-use vegetables. *Food Microbiol.* 23: 649-656 (2006)
25. Oh KN, Lee SY, Yang JS. Detection of gamma-irradiated grains by using DEFT/APC method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 380-384 (2002)
26. Wirtanen G, Salo S, Karvoski M, Sjberg AM. A microbiological screening method for the indication of irradiation of frozen poultry meat. *Z. Lebensm. Unters. F. A.* 200: 194-197 (1995)
27. Jones KL, Macphee S, Turner A, Stuchey T, Betts RP. The direct epifluorescent filter technique (DEFT)/aerobic plate count (APC): A screening method for the detection of irradiated food. *Food Sci. Technol. Today* 9: 141-144 (1995)
28. Hammerton KM, Banos C. Detection of irradiated spices with a microbiological method, DEFT/APC method. pp. 392-396. In: Detection Methods for Irradiated Foods: Current Status. McMurray CH, Stewart EM, Gray R, Pearce J (eds). The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK (1996)
29. Ahn JJ, Lee JW, Chung HW, Kwon JH. Analytical characteristics of electron spin resonance for identifying irradiated *ramen* soup with radiation sources. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 131-135 (2009)
30. Byun MW, Kwon JH, Cha BS, Cho HO, Kang SS. Radicidation of the Condiment for soup of instant noodle (*ramen*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 18: 14-18 (1989)
31. Lee JM, Kim SM. Quality changes of seasoned and smoked products of skipjack tuna (*Euthynus pelamis*) captured in the East sea. *J. Korean Fish. Soc.* 37: 77-84 (2004)
32. Lee NY, Jo CR, Lee WD, Kim JH, Byun MW. Physicochemical characteristics of gamma irradiated changran jeotkal during storage at 10°C. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 1129-1134 (2003)
33. Lefebvre N, Thibault C, Charbonneau R, Piette JPG. Improvement of shelf-life by irradiation 2: Chemical analysis and sensory evaluation. *Meat Sci.* 36: 377-380 (1994)
34. Kwon JH, Blanger JR, ParJ. Effect of ionizing energy treatment on the quality of ginseng products. *Radiat. Phys. Chem.* 6: 963-967 (1989)
35. Lakshmanan R, Venugopal V, Venketashvaran K, Bongiwari DR. Bulk preservation of small pelagic fish by gamma irradiation: studies on a model storage system using anchovies. *Food Res. Int.* 32: 707-713 (1999)