J Korean Soc Food Sci Nutr
40(9), 1307~1313(2011)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.9.1307

방사선 조사 온도가 타락죽의 이화학적 및 관능적 품질 특성에 미치는 영향

한인준[1,2] · 송범석[2] · 이주운[2] · 김재훈[2] · 최갑성[3] · 박정로[1] · 전순실[1†]

[1]순천대학교 식품영양학과
[2]한국원자력연구원 정읍 방사선과학연구소
[3]순천대학교 식품공학과

Effect of Irradiation Temperature on Physicochemical and Sensory Properties of *Tarakjuk* (Milk Porridge)

In-Jun Han[1,2], Beom-Seok Song[2], Ju-Woon Lee[2], Jae-Hun Kim[2], Kap-Sung Choi[3], Jeong-Ro Park[1], and Soon-Sil Chun[1†]

[1]*Dept. of Food and Nutrition, Sunchon National University, Jeonnam 540-742, Korea*
[2]*Dept. of Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea*
[3]*Dept. of Food Science and Technology, Sunchon National University, Jeonnam 540-742, Korea*

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of irradiation temperature on the physicochemical and sensory properties of *Tarakjuk*, milk porridge. *Tarakjuk* was gamma-irradiated at different temperatures of 25°C (in room), 4°C (in ice), and -20°C (in dry ice) at a dose of 10 kGy, and then autoclaved at 120°C for 15 min for comparison. pH and Hunter's color value of *Tarakjuk* were not changed by irradiation regardless of the temperature. However, the TBA (2-thiobarbituric acid) value decreased as irradiation temperature was decreased. The viscosity of *Tarakjuk* irradiated in dry ice was significantly higher than that irradiated at room temperature and in ice ($p<0.05$). For the sensory evaluation, there were no significant differences in overall acceptability between non-treated *Tarakjuk* and that irradiated in dry ice. Flavor pattern analysis using an electronic nose with a SAW (surface acoustic wave) sensor determined that the main peaks at retention times 3.88 and 7.34 sec were related with off-flavor induced by irradiation and unique flavor of *Tarakjuk*, respectively. These results indicated that irradiation at freezing temperature improved quality deterioration of *Tarakjuk* by gamma irradiation. However, sensory quality of *Tarakjuk* irradiated at freezing temperature was still lower than that of non-irradiated *Tarakjuk*. Therefore, further research is needed to improve the quality of *Tarakjuk* using combined treatment such as addition of antioxidants and vacuum packaging method.

Key words: *Tarakjuk*, milk porridge, gamma ray, low temperature irradiation, electronic nose

서 론

죽(粥)은 쌀, 찹쌀, 옥수수 등의 곡물을 주재료로 다양한 부재료와 함께 다량의 물을 넣어 제조한 유동상태의 식품으로(1), 야채류, 고기류 및 해산물 등의 부재료에 따라 치료식 및 보양식 등의 다양한 목적으로 사용된다(2). 죽은 입자의 크기에 따라 옹근죽, 원미죽, 무리죽으로 구별되고, 이중 파쇄 시켜 입자의 크기가 작아진 곡류를 이용하여 제조된 죽인 무리죽(또는 비단죽)은 곡류의 입자가 작아 호화 속도가 빠르며, 섭취 후 소화 또는 흡수율이 높아 치료식으로 자주 이용되고 있다(3). 이 가운데 타락죽은 조선시대 대표적인 궁중음식으로 왕실의 보양식으로 이용되어 왔다(4). 영양가가 높은 식품인 우유(5)와 탄수화물의 주된 공급원인 곡류를 혼합하여 제조한 것으로 유동성과 함께 자극성이 없는 이유로 어린이의 이유식으로 적당하며, 특히 근래에는 환자들에게서 병원식으로서 그 인지도가 높아지고 있는 실정이다(4). 이러한 타락죽의 조리방법은 불린 쌀을 갈아서 우유와 끓이는 방법(6), 불린 쌀을 그늘에 말려 고운 가루로 만든 후 물과 우유를 넣고 끓이는 방법(7), 그리고 멥쌀 및 찹쌀가루를 볶아서 우유만으로 조리하는 방법(8,9) 등이 보고되어 있다.

병원식과 같이 고열량, 저염 및 멸균 등의 특수한 상태로 섭취해야만 하는 사람들을 위한 식품을 특수목적식품이라고 하며, 병원식 이외에 군용식량, 우주식품, 레저식품 및 재난구호식량으로 활용된다(10). 특히 면역력이 약한 혈액암 및 면역결핍 환자와 항암 치료를 받는 환자에게는 멸균처리가 된 무균식품이 제공되어야만 한다(11).

†Corresponding author. E-mail: css@scnu.ac.kr
Phone: 82-61-750-3654, Fax: 82-61-752-3657

한편, 비가열 멸균 방법 중의 하나인 방사선 조사 기술은 우주식품 및 멸균 환자식과 같은 특수목적식품의 개발에 이용되고 있다(12,13). 이러한 방사선 조사 기술을 이용할 경우, 죽의 살균 또는 멸균이 가능하게 되며(14), 동시에 죽의 주된 구성 성분인 전분은 점성 감소, 효소적 가수분해의 감수성 증대, 용해도 증가 및 팽윤력 감소 등의 특징을 가지게 된다(15,16). 특히 Han 등(13)은 멸균 환자식으로써의 타락죽 개발에 방사선 조사 기술을 이용하여 위생학적으로 안전한 멸균 선량을 확립시켰으나, 멸균된 타락죽의 관능적 품질이 현저히 낮아져 이를 개선시키기 위한 방안이 필요하다고 하였다.

방사선 조사로 인해 생성된 자유 라디칼은 식품 내 화학적 변화의 원인이 되고, 결과적으로 관능적 품질을 저하시키게 된다(14). 방사선 조사에 따른 관능적 품질의 개선을 위한 연구로 다양한 병용처리 방법이 이용되고 있으며(17,18), 이 중 방사선 조사에 의해 생성된 free radical의 운동성 감소를 통한 식품의 품질 변화를 최소화시키기 위한 방안으로 낮은 온도에서 식품에 방사선을 조사하는 방법을 사용하고 있다(19).

그러므로 본 연구에서는 Han 등(13)을 통해 10 kGy의 멸균 선량에서 조사된 타락죽의 관능적 품질을 개선시키고자 방사선 조사 온도를 실온, 냉장 및 냉동 상태에서 처리된 타락죽의 이화학적 및 관능적 품질 특성을 확인함으로써 관능적 품질이 우수한 환자용 멸균 환자식 개발에 필요한 효과적인 방법을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

타락죽의 재료

타락죽 제조에 사용된 재료는 찹쌀(2010년산, 일반계, 영농조합 참좋은), 우유(서울우유, 양주, 경기도)를 사용했다. 찹쌀분말은 찹쌀의 2배에 해당하는 물을 찹쌀과 함께 20°C에서 6시간 동안 수침 후, 흐르는 물에 2회 수세하였다. 수세된 찹쌀은 10분간 물기를 제거한 후, 20°C에서 16시간 동안 음건하여 분쇄기(HMF-1000A, Hanil electric, Seoul, Korea)로 분쇄 후 120 mesh의 체에 내려 사용하였다. 이때 제조된 찹쌀분말의 수분함량은 27.57%이었다

타락죽의 제조

타락죽은 찹쌀분말 200 g을 150°C의 프라이팬(∅5 cm)에서 10분간 볶기를 하고, 400 g의 증류수를 첨가하여 100°C에서 2분간 가열하였다. 이후 우유 1 L를 70°C에서 15분간 가열하면서 3회로 나누어 첨가하였다. 완성된 타락죽은 믹서기(HMF-1000A, Hanil electric)에서 1분간 균질화하여 실험에 사용하였다. 제조된 타락죽은 멸균된 aluminum laminated polyethylene 포장지에 200 g씩 넣은 후 고온고압처리 또는 방사선 조사를 하였다.

고온고압 처리 및 방사선 조사

타락죽의 고온고압 처리는 고온고압멸균기(HVE-50, Hirayama Co., Tokyo, Japan)로 121°C에서 15분간 고온고압 처리한 후 흐르는 물에 1차 냉각하였다. 또한, 방사선 조사는 선원 11.1 PBq, Co-60 감마선 조사시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Montreal, QC, Canada)을 이용하였다. 이때 방사선 조사 온도를 실온, 냉장 및 냉동상태로 구분하였다. 즉, 실온조사구는 22°C(±3°C)로 조절되는 방사선 조사실 온도 하에서 조사되었고, 냉장조사구 및 냉동조사구는 각각 냉장 또는 냉동상태를 유지할 수 있도록 얼음과 드라이아이스가 담긴 상자(35×40×10 mm)에 시료와 함께 넣은 후, 10 kGy의 흡수선량(선량률 10 kGy/hr)이 되도록 조사하였다. 조사 후 총 흡수선량 확인은 alanine dosimeter (Oeric cerous dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다. 이때 타락죽의 방사선 조사선량은 선행연구(13) 결과를 바탕으로 타락죽의 관능적 품질 개선이 요구된 멸균 선량인 10 kGy로 설정하였다. 한편, 모든 시료는 실험 전 25°C의 항온수조에서 1시간 동안 방치한 후 실험에 사용하였다.

pH 측정

시료를 증류수로 10배 희석하여 pH 측정기(MP220, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

지방 산패도(2-thiobarbituric acid value) 측정

지방산패도는 Jo와 Ahn(20)의 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 법으로 측정하였다. 즉, 시료 5 g에 50 μL의 BHA(7.2% in ethanol)와 증류수 15 mL을 넣은 후 homogenizer(DIAX 900, Heidolph, Co., Ltd., Schwabach, Germany)로 균질화시켰다. 균질물 1 mL에 TBA/TCA 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 2 mL을 넣은 후 끓는 물에서 15분간 가열하였다. 냉각 후 원심분리기(UNION 5KR, Hanil Science Industrial Co., Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 원심분리(3,000 rpm, 15분간) 후, 상층액 1 mL을 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정한 후 검량선을 이용하여 malondialdehyde(MA)의 농도를 구하였다. 이때 얻어진 결과는 MA μmol/g sample(wet basis)로 표시하였다

점도

점도는 Han 등(13)의 방법을 수정하여 사용하였다. 즉, 실온까지 냉각된 타락죽을 viscometer(DV-Ⅱ+ Pro, Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, MA, USA)을 사용하여 spindle no. 6을 장착하고 5 rpm의 속도로 실온에서 측정하였다.

색도

시료 표면을 color/color colorimeter(CM-3500d, Minolta

Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L^*), 적색도(redness, a^*) 및 황색도(yellowness, b^*)를 측정하였다. 이때 표준색판은 L^*값이 90.5, a^*값이 0.4, b^*값이 11.0이었다.

관능검사

관능검사는 기호도 검사를 실시하였으며, 관련분야를 전공한 연구원 10인을 대상으로 하였다. 이때의 평가항목은 기호도검사로 외관(appearance), 향미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 종합적 기호도(overall acceptability)를, 매우 좋아한다 7점, 좋지도 싫지도 않다 4점, 매우 싫어한다 1점을 이용하였으며, 품질 특성 강도는 이취(off-flavor)를 아주 심하다 7점, 전혀 없다 1점으로 나타내었다. 패널은 관능검사 중 나이, 성별 등을 기록하고 각 시료는 물컵, 시료를 뱉는 컵 및 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였으며, 검사 중의 영향을 최소화하기 위해 total session은 15~20분으로 정하였다.

향기패턴 분석

타락죽의 향기패턴 분석은 GC-SAW(Gas Chromatogram-Surface Acoustic Wave) sensor(SAW sensor, Electronic Sensor Technology, Newbury park, CA, USA)가 장착된 전자코(zNose 7100, Electronic Sensor Technology)를 이용하여 Han 등(21)의 방법을 수정하여 측정하였다. 즉, 시료 10 g을 40 mL vial에 넣어 60°C 항온수조에서 30분간 방치 후 전자코(zNose 7100, Electronic Sensor Technology)로 측정하였다. 이때 사용된 기기의 온도 조건은 SAW sensor는 50°C, column은 50°C, valve는 120°C, inlet는 150°C, trap은 220°C이었으며, flow speed는 3.2 cm/sec로 설정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 실시하였고, 측정 결과는 평균값±표준편차로 나타내었으며, SPSS(Windows ver. 10.0, SPSS Inc., San Diego, CA, USA)에서 프로그램된 general linear model procedure을 통해 각 시료간의 유의성을 검증한 후 $p<0.05$ 수준에서 유의적인 차이가 보일 때 평균값간의 차이를 Duncan's multiple range test법으로 사후검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

감마선 조사 온도에 따른 타락죽의 pH의 변화

감마선 조사 온도가 타락죽의 pH 변화에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 감마선 조사에 의한 pH 분석 결과 조사온도와 관계없이 대조구와 감마선 처리구 모두 7.1로 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다($p<0.05$). 이러한 결과는 유제품에 감마선을 조사하였을 때 pH가 변화하지 않았다는 보고와 일치하였다(22,23). 한편, 고온고압처리구의 경우 pH 6.9로 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났으나($p<0.05$), 대조구와는 큰 차이를 보이지 않았기 때문에 pH 변화로 인한 품질 변화는 없는 것으로 사료되었다.

감마선 조사 온도에 따른 타락죽의 지방산패도 변화

감마선 조사 온도가 타락죽의 지방산패도 변화에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 감마선 조사에 의한 지방산패도 분석 결과 대조구의 TBA 값은 0.5로 유의적으로 가장 낮게 나타난 반면, 실온조사구 및 냉장조사구의 경우 각각 1.8 및 1.9로 크게 증가한 것으로 나타났다. 이는 유지방을 함유하는 치즈의 지방산패도가 실온에서 감마선 조사로 인해 증가했다는 보고와 일치하였으며(24,25), 본 실험의 경우 냉장조사는 지방산패도 감소에 큰 효과가 없는 것으로 확인되었다.

그러나 냉동조사구의 경우 TBA 값이 0.9로 대조구에 비해 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 없는 것으로 나타나, 냉동조사는 감마선 조사에 의한 지방산패도 증가를 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 한편, 고온고압처리구는 가열처리에 의해 TBA 값이 크게 증가하여 실온조사구 및 냉장조사구와 유의적으로 동일한 것으로 나타나 냉동조사구에 비해 지방산패도가 더욱 증가한 것으로 확인되었다.

일반적으로 지방에 방사선을 조사하게 되면, 생성된 자유라디칼에 의해 carboxyl group 또는 이중결합의 방향으로 양전하가 이동하여 carbonyl group 근처에서 지방의 분해가 일어나거나(26), 산소분자의 반응성을 촉진시켜 지방의 자동산화를 가속화시킨다(27). 그러나 냉동 온도에서는 방사

Table 1. pH, TBA[1] values, and viscosity of *Tarakjuk* gamma-irradiated at different temperature

Treatments		pH[2]	TBA values[3] (MA[4] μmol/g)	Viscosity (cP)[5]
Non-irradiated	Non-treated	7.1±0.04[a]	0.5±0.29[b]	42,500±529[a]
	Autoclaved	6.9±0.03[b]	1.8±0.38[a]	41,266±642[a]
Irradiated at 10 kGy	Room temperature	7.1±0.03[a]	1.8±1.03[a]	9,600±432[d]
	In ice	7.1±0.03[a]	1.9±0.96[a]	15,000±1400[c]
	In dryice	7.1±0.02[a]	0.9±0.29[b]	21,450±1389[b]

[1]TBA: 2-thiobarbituric acids
[2]Values are means±standard deviation (n=6).
[3]Values are means±standard deviation (n=8).
[4]MA: malondealdehyde
[5]Values are means±standard deviation (n=4).
[a-d]Mean values within same column followed by the different letters are significantly different ($p<0.05$).

선 조사에 의해 생성되는 자유라디칼이 감소하게 되어 지방의 산화를 최소화할 수 있다(19). 한편, Adeil 등(28)은 유지방을 포함한 아이스크림과 같이 냉동된 제품에 감마선을 조사할 경우 어느 정도의 지방산패 억제가 가능하다고 하였으나 완전히 차단하기는 어렵다고 하였다(19). 본 연구 결과에서도 냉동조사구의 경우 대조구와 유의적 차이는 없었으나, TBA 값은 여전히 높게 나타난 것으로 확인되어 지방의 산패를 완전히 차단하기 위한 항산화제 첨가 또는 용기 내 산소제거(29) 등의 병용처리 방법을 이용한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

감마선 조사 온도에 따른 타락죽의 점도 변화

감마선 조사 온도가 타락죽의 점도 변화에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 타락죽의 점도는 대조구의 경우 42,500 cP로 가장 높았으나, 실온 방사선 조사구 경우 대조구에 비해 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 전분은 방사선 조사에 의해 생성된 자유라디칼로 인한 depolymerization이 일어나게 되어 dextrin 단위로 저분자화되며(30,31), 이러한 이유로 전분의 결정성, 용해도 및 호화도는 증가하게 되고(15,17,32) 팽윤력은 감소하게 된다(30). 이러한 결과는 방사선 조사가 호화전분 및 죽류의 점도를 감소시킨다는 연구 결과와 일치하였다(15,16). 이렇듯 방사선 조사에 의한 점도 감소는 품질저하의 주요원인으로 작용할 수 있으므로 이를 해결하기 위한 방안이 요구된다. 한편, Yang 등(33)은 고형물 함량이 12%인 죽을 1 kGy의 방사선 조사에 의해 8% 수준의 죽에 해당하는 점도까지 감소시킨다고 하였는데, 이러한 방사선 조사에 따른 점도 감소 효과를 이용하여 고형분의 함량을 높여 열량이 증대된 고열량 유동식 또는 죽류의 개발도 가능하다고 하여(10), 향후 방사선 조사기술은 고열량 타락죽 개발에 이용될 수 있을 것으로 판단되었다.

한편, 방사선 조사 온도에 따른 영향으로는 조사 온도가 낮아질수록 점도가 유의적으로 증가하는 경향을 보였으나($p<0.05$), 냉동온도에서 방사선을 조사하였음에도 불구하고 대조구에 비해 점도가 감소한 것으로 나타나, 추후 방사선 조사 멸균 타락죽의 점도를 유지시키기 위한 연구가 필요할 것으로 사료되었다. 고온고압처리구의 경우 대조구와 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 타락죽의 점도 유지에는 방사선 조사에 비해 고온고압 처리가 효과적인 것으로 확인되었다.

감마선 조사 온도에 따른 타락죽의 색도 변화

감마선 조사 온도가 타락죽의 색도 변화에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 그 결과 명도(L^*값), 적색도(a^*값) 및 황색도(b^*값) 모두 방사선 조사온도에 관계없이 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다($p<0.05$). 일반적으로 방사선 조사에 의한 우유의 갈변현상은 비효소적 갈변 반응인 maillard 반응과 caramelization에 의한 변색이며(34), 전분의 경우 방사선 조사에 의해 생성된 라디칼이 전분 입자를 환원당으로 분해시키게 되며, 이 환원당은 amino acid와 결합하여 maillard 반응을 가속시키는 것으로 알려져 있다(35). 그러나 본 실험 결과에서는 방사선 조사에 의한 타락죽의 갈변 현상은 나타나지 않았다.

한편, 고온고압처리구의 경우 대조구에 비해 명도는 유의적으로 감소하였으며, 적색도 및 황색도는 증가한 것으로 나타나($p<0.05$), 방사선 조사에 비해 고온고압 처리에 의한 갈변현상이 보다 큰 것으로 확인되었다. 일반적으로 식품에 있어 비효소적 갈변반응은 maillard 반응과 caramel화 반응이 있으며, maillard 반응은 pH 3.0 이상 조건에서 고온에 의해 생성되며, caramel화 반응은 pH 6.5~8.2 범위에서 갈변이 가속화된다(36). 이러한 고온고압 처리 타락죽의 갈변현상은 pH가 약 7.1의 타락죽을 고온 처리하여 더욱 가속화된 결과인 것으로 판단된다.

본 실험 결과에서 고온고압 처리는 타락죽의 색도를 변화시켰으나 감마선 조사된 타락죽의 색도는 변화가 나타나지 않아, 색의 변화에 의한 감마선 조사된 멸균 타락죽의 품질 변화는 없는 것으로 확인되었다.

감마선 조사 온도에 따른 타락죽의 관능적 품질 변화

감마선 조사 온도가 타락죽의 관능적 품질 변화에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 외관은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었으나($p<0.05$), 고온고압처리구가 가장 낮은 점수를 보였는데, 이는 색도 측정 결과에서 고온고압처리에 따른 갈변현상이 원인으로 사료된다. 향미는 대조구, 고온고압처리구 및 냉동조사구가 실온조사구와 냉장조사구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 맛의 경우 모든 시료간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났으나, 대조구, 고온

Table 2. Hunter's color values of *Tarakjuk* gamma-irradiated at different temperature

Treatments		Hunter's color values		
		L^*	a^*	b^*
Non-irradiated	Non-treated	78.6±0.02[b]	1.5±0.01[b]	12.6±0.01[b]
	Autoclaved	76.3±1.18[a]	3.2±0.01[a]	15.1±0.0[a]
Irradiated at 10 kGy	Room temperature	78.8±0.02[b]	0.9±0.01[b]	12.8±0.01[b]
	In ice	78.6±0.02[b]	1.1±0.01[b]	12.4±0.01[b]
	In dryice	78.9±0.01[b]	1.0±0.01[b]	12.5±0.01[b]

Values are means±standard deviation (n=12).
[a,b]Mean values within same column followed by the different letters are significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Sensory scores of *Tarakjuk* gamma-irradiated at different temperature

Attributes	Non-irradiated		Irradiated at 10 kGy		
	Non-treated	Autoclaved	Room temperature	In ice	In dryice
Appearance	4.6±1.43$^{NS1)}$	3.6±1.17	5.0±1.76	4.9±1.20	5.4±1.08
Flavor	5.2±0.63^{a}	5.7±1.06^{a}	3.6±1.58^{b}	3.7±1.49^{b}	5.3±1.42^{a}
Taste	5.0±1.18^{NS}	4.8±1.41	3.6±1.08	4.1±0.88	4.7±1.49
Texture	5.3±0.67^{a}	5.2±1.29^{a}	3.6±1.90^{b}	3.6±1.35^{b}	4.9±0.84^{ab}
Overall acceptability	5.5±0.53^{a}	4.8±0.92^{ab}	3.9±1.52^{bc}	3.8±0.92^{c}	5.2±0.92^{a}
Off-flavor	1.0±0.00^{c}	1.6±1.08^{bc}	3.7±0.82^{a}	2.1±0.99^{b}	1.4±0.52^{bc}

Values are means±standard deviation (n=10).
1)NS: Not significantly different.
$^{a-c}$Mean values within same row followed by the different letters are significantly different ($p<0.05$).

고압처리구 및 냉동조사구가 높은 점수를 얻었다. 이취의 경우 방사선 조사에 의해 증가하는 경향이었으나, 냉동조사구의 경우 고온고압처리구와 유의적으로 동일한 값을 나타냈으며, 이취의 강도가 낮을수록 향미와 맛은 높은 기호도를 보였다. 조직감의 경우 고온고압처리구와 대조구는 유의적 차이가 없는 것으로 나타났으나, 실온, 냉장, 냉동조사구는 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 그러나 냉동조사구의 경우 방사선 조사구 중 조직감이 가장 높게 나타나 점도 측정 결과와 유사한 경향을 보였다. 한편, 조직감 분석 결과와는 달리 종합적 기호도의 경우 대조구와 냉동조사구가 유의적 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 방사선 조사에 의한 점도 감소가 관능검사의 조직감은 저하시켰으나 최종적으로 조직감 감소가 종합적 기호도 결과에 미치는 영향은 미미하였기 때문으로 사료된다.

일반적으로 방사선 조사에 의해 생성되는 이취 및 이미는 식품의 관능적 특성을 저하시키며(15,37), 특히 우유의 경우 linolenic acid와 같은 지방산이 방사선 조사에 의해 산화되어 나타나는 냄새(fishy flavor)(27)와 유단백질인 casein에서 주로 발생된 methyl sulfide 및 methyl disulfide와 같은 황 화합물에서 나타나는 불쾌취가 우유의 주된 조사취로 보고되어 있다(38). 또한, 맛은 가열처리로 멸균된 우유보다 방사선 조사된 우유에서 조금 더 탄 맛(burnt)이 느껴진다는 보고도 있다(39).

본 관능검사 결과, 종합적 기호도에서 대조구와 냉동조사구가 가장 높은 점수를 얻었는데, 냉동조사 된 타락죽은 실온 및 냉장조사구에 비해 전반적으로 기호도가 향상되어 방사선 조사에 의한 관능적 품질 저하를 개선시키는 것으로 확인되었다. 그러나 대조구에 비해서는 전반적인 관능품질이 여전히 낮게 나타나 냉동온도에서의 방사선 조사와 함께 관능적 품질 개선을 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

감마선 조사 온도에 따른 타락죽의 향기패턴 변화

감마선 조사 온도가 타락죽의 향기패턴 변화에 미치는 영향을 측정한 결과를 Fig. 1~2 및 Table 4에 나타내었다. Fig. 1과 Fig. 2는 초기 정체 시간으로부터 마지막 성분이 검출된 머무름 시간까지를 SAW sensor가 장착된 GC/SAW 전자코를 이용하여 측정하여 360도 원형 형태로 표시한 그래프로 감마선 조사 온도에 따른 향기패턴의 변화를 관찰할 수 있었으며, 이때 관찰된 주된 향기패턴의 peak에 대한

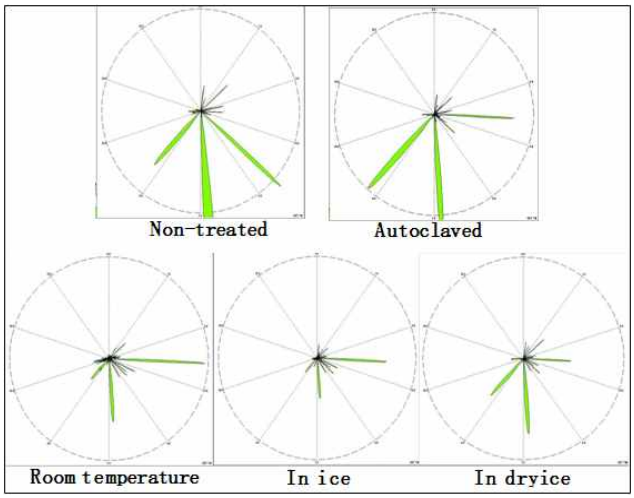

Fig. 1. Polar graphs of peaks of *Tarakjuk* by electronic nose with GC-SAW sensor.

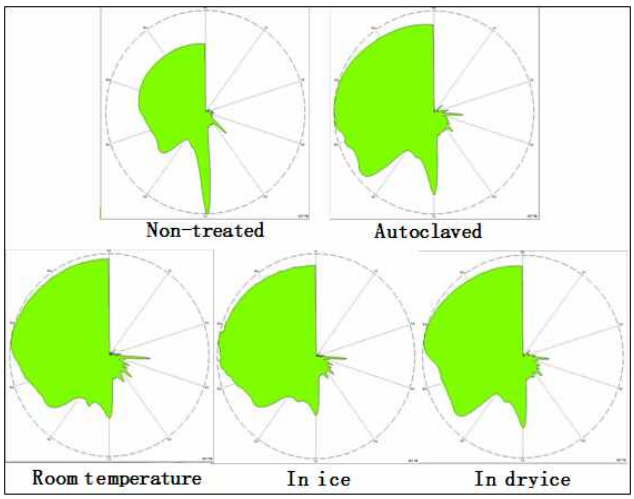

Fig. 2. Polar graphs of frequency of *Tarakjuk* by electronic nose with GC-SAW sensor.

Table 4. Amount (Ct/sec) of peak of *Tarakjuk* gamma-irradiated at different temperature measured by electronic nose with GC-SAW sensor

Treatments		Retention time	
		3.88 sec	7.34 sec
Non-irradiated	Non-treated	254.3±19.09[d]	3371.3±1190.01[b]
	Autoclaved	984.3±80.59[ab]	5088.7±1543.61[a]
Irradiated at 10 kGy	Room temperature	1177.3±564.53[a]	1535.5±453.07[c]
	In ice	877.7±181.00[ab]	1302.3±660.49[c]
	In dryice	640.3±156.01[c]	2297.0±652.22[bc]

Values are means±standard deviation (n=3).
[a-d]Mean values within same column followed by the different letters are significantly different ($p<0.05$).

amount 변화를 Table 4에 나타내었다.

향기패턴의 측정 결과, retention time(RT) 3.88 sec와 7.34 sec, 두 개의 peak에서 변화가 두드러지게 나타났다. RT 3.88 sec의 peak는 대조구에서 매우 낮게 나타났으며, amount 역시 대조구가 254.3 Ct/sec로 가장 작은 것으로 나타났다. 또한 냉동조사구가 처리구 가운데 가장 낮은 peak와 작은 amount(640.3 Ct/sec)를 보였다. 이러한 RT 3.88 sec의 peak는 지방산패도와 관능검사의 이취 강도 측정 결과와 유사하게 나타났다. 특히 냉동처리구에서 지방산패도와 이취의 강도가 낮게 나타난 결과와 유사한 향기패턴이 나타났다. 이를 통해 RT 3.88 sec의 peak는 지방산패 및 조사취와 복합적으로 관련된 peak로 사료되었다. RT 7.34 sec의 peak는 대조구와 고온고압처리구보다 조사구에서 보다 낮게 나타났다. Peak의 amount 역시 고온고압처리구(5088.7 Ct/sec)으로 관련된 peak로 가장 높았으며, 실온조사구(1535.5 Ct/sec)와 냉장조사구(1302.03 Ct/sec)가 가장 낮은 amount를 보였다 ($p<0.05$). RT 7.34 sec의 peak는 향미에 대한 관능검사 결과에서 조사구 중 냉동조사구가 가장 높은 점수를 얻었으며, 고온고압처리구가 모든 처리구에서 가장 높은 점수를 보인 것과 매우 유사하게 나타났다. 이를 통해 RT 7.34 sec의 peak는 타락죽에서 나타나는 고유의 향기성분으로 관능적 기호도에 적극적으로 관여하는 것으로 나타났다. 아울러 감마선 조사에 의한 향기성분의 감소는 조사 온도가 낮을수록 증가하여, 이를 통한 관능적 품질의 개선이 가능함을 확인하였다.

이러한 향기패턴의 분석 결과는 방사선 조사된 생굴과 굴 자숙액(17), 홍삼분말(40), 계란(41), 다진 쇠고기(42) 및 육가공제품인 피자 토핑(43)에 대한 연구에서 방사선 조사에 의한 특징적인 향기패턴의 분리가 가능하였다는 보고와 유사하게 나타났다.

본 향기패턴 분석 결과, 지질산패 및 이취에 관련된 RT 3.88 sec의 peak와 타락죽 고유의 향과 관련한 RT 7.34 sec의 peak를 분리할 수 있었으며, 방사선 조사 온도가 낮을수록 관능적 품질 개선이 가능하였으나, 추후 각 peak에 관여하는 향기성분의 GC/MSD 등을 이용한 정량적 분석이 필요할 것으로 사료되었다.

요 약

방사선 조사 기술을 이용한 타락죽의 멸균 시 관능적 품질을 개선하기 위한 연구의 일환으로 방사선 조사온도에 따른 타락죽의 pH, 지질산패도, 점도, 색도, 관능검사 및 향기패턴을 측정하였다. 그 결과 pH와 색도의 경우 방사선 조사에 의한 변화는 없는 것으로 나타났다. 지질산패도의 경우 조사구 가운데 냉동조사구가 가장 낮았으나, 점도에서는 냉동조사구가 가장 높게 나타났다. 관능검사 결과, 종합적 기호도에서 냉동조사구의 경우 대조구와 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 향기패턴 분석 결과, 지질산패 및 이취에 관련된 RT 3.88 sec의 peak와 타락죽 고유의 향과 관련한 RT 7.34 sec의 peak를 구분할 수 있었다. 따라서 방사선을 조사에 의한 타락죽의 관능적 품질 저하는 냉동조사를 통해 개선이 가능하였으나, 여전, 지질산패와 점도감소 및 조사취 발생 등에 의한 타락죽 고유의 관능적 품질이 감소되는 것으로 나타나, 추후 항산화제의 첨가 또는 포장방법의 변화 등과 병용처리를 통해 보다 효과적인 품질 개선을 위한 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 원자력연구개발사업의 지원에 따른 결과로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee HJ, Chang PS, Lee YH. 2003. Classification and category determination of Korean traditional cereal foods. *Food Sci Industry* 36: 47-65.
2. June JH, Yoon JY, Kim HS. 1998. A study on the development of 'Hodojook'. *Korean J Dietary Cult* 13: 509-518.
3. Lee HJ, Jurn JI. 2000. Research of kinds of rice porridges and recipes of it. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 13: 281-290.
4. Lee CJ. 1994. A study on the improvement of menu patterns of gruels as soft diet in hospital foodservice operation. *Korean J Soc Food Sci* 10: 18-23.
5. Ham JS, Noh BY, Kim SI, Kim HS, Jeong SG, Chae HS, Ahn JN, Jo C, Lee WK. 2005. Changes of chemical, bacteriological, and allergenicity of raw milk by gamma irradiation. *J Korean Dairy Technol Sci* 23: 93-98.
6. Hwang HS, Han BR, Han BJ. 1991. *Korean traditional*

foods. Kyomoonsa, Seoul, Korea. p 234.
7. Kang IH. 1987. *Korean taste*. Daehankyogwasuh, Seoul, Korea. p 64.
8. Lee GC. 2001. A study on the traditional daily food of Seoul. *Asian Comparative Folklore* 20: 233-250.
9. Doopedia Homepage. http://www.doopedia.co.kr (Aug 18, 2011)
10. Zhang M, Duan ZH, Huan YJ, Tao Q. 2003. Preparation technology for semi-fluid high-energy food. *J Food Eng* 59: 327-330.
11. Richard JA, Walter JC. 1998. Nutritional support of the pediatric oncology patient. *Nutrition* 14: 124-129.
12. Song BS, Park JG, Park JN, Han IJ, Choi JI, Kim JH, Byun MW, Kang SW, Choi GH, Lee JW. 2009. High-dose processing and application to Korean space foods. *Radiat Phys Chem* 78: 671-674.
13. Han IJ, Park JN, Park JG, Song BS, Lee JW, Kim JH, Ryu HS, Park JR, Chun SS. 2011. Quality characteristics of milk porridge (*Tarakjuk*) sterilized with radiation technology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 885-891.
14. Thayer DW. 1990. Food irradiation, benefits, and concerns. *J Food Qual* 13: 147-169.
15. Yook HS, Lee YS, Lee JW, Oh SH, Kim JH, Kim DS, Byun MW. 2004. Textural and sensory characteristics of gamma irradiated porridges. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 427-432.
16. Sokhey AS, Hanna MA. 1993. Properties of irradiated starches. *Food Struct* 12: 397-410.
17. Kim MJ, Song BS, Park JG, Han IJ, Park JN, Choi JI, Kim JH, Byun MW, Lee KH, Lee JW. 2008. Sensory quality improvement of gamma-irradiated Kimchi after addition of paprika oleoresin and artificial Kimchi flavor. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 347: 239-244.
18. Park JN, Park JG, Han IJ, Song BS, Choi JI, Kim JH, Sohn HS, Lee JW. 2010. Combinated effects of heating and γ-irradiation on the microbiological and sensory characteristics of *Gochujang* (Korean fermented red pepper paste) sauce during storage. *Food Sci Biotechnol* 19: 1219-1225.
19. Margaret P. 2001a. Combination treatments involving food irradiation. In *Food Irradiation, Principles and Applications*. Morins RA, ed. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA. p 313-327.
20. Jo C, Ahn DU. 2000. Production volatile compounds from irradiated oil emulsions containing amino acids or proteins. *J Food Sci* 65: 612-616.
21. Han IJ, Park JS, Choi JI, Kim JH, Song BS, Yoon Y, Byun MW, Chun SS, Lee JW. 2009. Change in flavor patterns of gamma irradiated raw oyster and oyster cooking drip determined using an electric nose. *Kor J Fish Aquat Sci* 42: 209-214.
22. Kim HJ, Song HP, Ham JS, Lee JW, Kim K, Jo C. 2008. Effect of gamma irradiation on the overall quality of a commercial plain-type yogurt products. *Korean J Food Sci Anim Resour* 28: 574-579.
23. Konteles S, Sinanoglou VJ, Batrinou A, Sflomos K. 2009. Effect of γ-irradiation on *Listeria monocytogenes* population, colour, texture and sensory properties of Feta cheese during cold storage. *Food Microbiol* 26: 157-165.
24. Kim JH, Song BS, Kim JH, Choi JI, Lee JW, Jo C, Byun MW. 2007. Application of gamma irradiation for the microbiological safety of sliced cheddar cheese. *J Radiat Ind* 1: 15-19.
25. Dipuo Seisa GO, Hugo C, Hugo A, Van der Merwe BJ. 2004. The effect of low-dose gamma irradiation and temperature on the microbiological and chemical changes during ripening of cheddar cheese. *Radiat Phys Chem* 69: 419-431.
26. Margaret P. 2001b. Food irradiation chemistry. In *Food Irradiation, Principles and Applications*. Morins RA, ed. *John Wiley & Sons Inc*., New York, NY, USA. p 58-64.
27. Nawar WW. 1977. Radiation chemistry of lipids. In *Radiation Chemistry of Major Food Components*. Elias PS, Cohen AJ, eds. Elsevier Scientific, Amsterdam, Netherlands. p 21-61.
28. Adeil Pietranera MS, Narvaiz P, Horak C, Kairiyama E. 2003. Irradiated ice creams for immunosuppressed patients. *Radiat Phys Chem* 66: 356-365.
29. Lee NY, Jo C, Byun MW. 2005. Application of irradiation technology for development of functional natural materials. *Food Ind Nutr* 10: 26-31.
30. Bao J, Corke H. 2002. Pasting properties of gamma-irradiated rice starches as affected by pH. *J Agric Food Chem* 50: 336-341.
31. Sabato SF, Lacroix M. 2002. Radiation effects on viscosimetry of protein based solutions. *Radiat Phys Chem* 63: 357-359.
32. Christropher HS, Xuetong F. 2006. *Food irradiation research and technology*. 1st ed. Blackwell publishing professional, Des Moines, IA, USA. p 11.
33. Yang YH, Kim MH, Kwon OY, Lee JK, Park SC, Lee JW, Byun MW, Kim MR. 2007. Effects of gamma irradiation on the physicochemical properties of rice flour porridge. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 961-967.
34. Wertheim JH, Roychoudhury RN, Johan H, Goldblith SA, Proctor BE. 1957. Milk irradiation, irradiation preservation of milk and milk products. *J Agric Food Chem* 5: 944-950.
35. Oh SH, Lee YS, Kim JH, Kim JH, Lee JH, Kim MR, Yook HS, Byun MW. 2006. Effect of pH on non-enzymatic browning reaction during γ-irradiation processing using sugar and sugar-glycine solutions. *Food Chem* 94: 420-427.
36. Srinivasan D, Kirk LP, Owen RF. 2008. *Fennema's food chemistry*. 4th ed. CRC press, Los Angeles, FL, USA. p 96-101.
37. Suzanne JC van G, Frank M, Rombouts K van't R, Marcel HZ. 1999. A data analysis of the irradiation parameter D_{10} for bacteria and spores under various conditions. *J Food Protect* 62: 1024-1032.
38. Day EA, Forss DA, Ratton S. 1957. Flavor and odor defects of gamma-irradiated skimmilk. I. Preliminary observations and the role of volatile carbonyl compounds. *J Dairy Sci* 40: 922-931.
39. Wertheim JH, Proctor BE, Goldblith SA. 1956. Radiation preservation of milk and milk products. Ⅳ. Radiation-induced browning and some related chemical changes in milk. *J Dairy Sci* 39: 1236-1246.
40. Shin JA, Kwon JH, Lee KT. 2003. Aroma analysis by the electronic nose on red ginseng powder treated with gamma radiation, methyl bromide and phosphine. *Korean J Food Sci Technol* 35: 825-829.
41. Seregely Z, Farkas J, Tuboly E, Dalmadi I. 2006. Investigating the properties of egg white pasteurised by ultra-high hydrostatic pressure and gamma irradiation by evaluating their NIR spectra and chemosensory array sensory signal responses using different methods of qualitative analysis. *Chemo Intellig Lab Sys* 82: 115-121.
42. Hassan Y, Meszaros L, Simon A, Tuboly E, Mohacsi-Farkas CS, Farkas J. 2002. Comparative studies on gamma radiation and high pressure induced effects on minced beef. *Acta Aliment* 31: 253-264.
43. Vestergaard JS, Martens M, Turkki P. 2007. Application of an electronic nose system for prediction of sensory quality changes of a meat product (pizza topping) during storage. *LWT-Food Sci Technol* 40: 1095-1101.

(2011년 7월 20일 접수; 2011년 8월 24일 채택)