

항산화제 첨가 및 냉동 방사선 조사 병용처리가 타락죽의 이화학적 및 관능적 품질에 미치는 영향

한인준^{1,2} · 송범석² · 김재훈² · 박종흠² · 이주운² · 전순실^{1†}

¹순천대학교 식품영양학과

²한국원자력연구원 정음방사선과학연구소

Effect of Antioxidant and Irradiation Treatment under Freezing Temperature Conditions on Physicochemical and Sensory Properties of *Tarakjuk* (Milk Porridge)

In-Jun Han^{1,2}, Beom-Seok Song², Jae-Hun Kim², Jong-Heum Park²,
Ju-Woon Lee², and Soon-Sil Chun^{1†}

¹Dept. of Food and Nutrition, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

²Dept. of Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

Abstract

This study evaluated the effect of antioxidants treatment; (Vit. C and E) on the physicochemical and sensory properties of *Tarakjuk* treated with gamma-irradiation under two different temperature conditions, e.g. room and frozen temperatures. In samples of *Tarakjuk* irradiated at room temperature, Vit. C gradually decreased the pH level as the concentration increased ($p < 0.05$), whereas Vit. E did not. Addition of both Vit. C and E to *Tarakjuk* decreased TBA (2-thiobarbituric acid) value while also increasing viscosity. However, these antioxidants did not cause any change in Hunter's color values. Sensory properties showed that Vit. C and E significantly improved the overall acceptability of *Tarakjuk*, and the addition of 0.1% each Vit. C and E was best treatment. In samples of *Tarakjuk* subjected to combined treatment with antioxidants and irradiation under frozen temperature conditions, Vit. C and E were effective in decreasing TBA value, improving viscosity, and maintaining sensory quality. Especially, co-treatment with 0.1% Vit. C and E augmented the observed effect ($p < 0.05$). Therefore, combined treatment with antioxidants and irradiation under frozen temperature conditions could improve the final sensory quality of gamma-irradiated *Tarakjuk*.

Key words: *Tarakjuk*, antioxidant, frozen temperature, gamma irradiation

서 론

죽은 밥과 유사한 영양적 가치를 가지며 유동성이 있어 노인, 영유아 및 환자식으로 널리 이용되고 있다(1). 이 가운데 볶은 곡류를 우유와 함께 조리하는 타락죽(2)은 '증보산림경제', '규합총서', '부인필지'에 제조방법이 기록되어 있으며, 특히 규합총서에서는 우유와 무리(불린 쌀을 물과 함께 갈아 체에 밭쳐 가라앉힌 앙금)의 비율을 1:0.8로 제시하고 있다(3). 또한 타락죽은 조선시대 내의원에서 왕의 건강을 위하여 타락죽을 처방하여 몸을 다스리기도 하였다(4). 국내의 병원 환자들에게 타락죽은 높은 소화율과 함께 환자의 영양공급과 영양개선이 뛰어나 죽류 가운데 급식 받기 원하는 한 종류로 인식되고 있다(5,6).

한편, 방사선 조사 기술은 제품을 포장한 이후에도 처리가

가능하여 살균처리 후 재포장 공정이 필요하지 않아 2차 오염을 방지할 수 있으며, 최소한의 성분 파괴 및 냉장 또는 냉동상태에서도 살균이 가능한 특징이 있어 식품의 위생학적 품질 유지 및 가공을 위한 기술로써 이용되고 있다(7,8). 이러한 방사선 조사 기술을 국내에서는 Co^{60} 의 선원에서 방출되는 감마선만을 이용하여 식품의 발아억제, 살충, 살균 및 숙도조절의 목적에 한하여 이용할 수 있으며, 특히 2차 살균이 필요한 환자식에 대해서는 10 kGy 이하로 방사선 조사가 허가되어 있다(9).

전분 및 곡류 원료를 포함한 그 가공식품에 방사선을 조사하게 되면 전분의 단면화로 인해 용해도 증가 및 점성과 팽윤력 감소 등 이화학적 특성이 변화하게 된다(10-12). 이는 선행연구의 결과(13) 타락죽에 방사선을 조사하여 위생학적으로 안전한 타락죽을 제조할 수 있었으나, 관능적 품질이

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

현저히 낮아져 이를 개선시키기 위한 방안이 필요하다는 보고에서도 알 수 있다. 일반적으로 방사선 조사로 인해 생성된 자유 라디칼은 식품 내 화학적 변화를 일으켜 관능적 품질이 저하되는 것으로 보고되어 있으며(10), 이러한 방사선 조사에 따른 관능적 품질을 개선시키기 위한 연구로 진공포장 및 질소치환 포장 등 포장지내 산소제거, 냉장 또는 냉동 상태에서의 방사선 조사 및 천연 항산화제 첨가 등 다양한 병용처리 방법이 이용되고 있다(14-18).

이에 Han 등(19)은 방사선 조사에 의한 타락죽의 관능적 품질저하를 개선하기 위해 방사선 조사 온도에 따른 품질변화를 분석한 결과 냉동온도에서의 방사선 조사를 통해 타락죽의 관능적 품질을 다소 향상시킬 수 있었으나, 냉동 방사선 조사와 함께 다른 병용처리에 의한 개선이 필요한 것으로 보고하였다. 한편, 항산화제 첨가 방법은 포장지내 산소제거 및 냉동 방사선 조사 방법과 마찬가지로 방사선 조사에 의한 free radical 생성억제 및 소거에 효과적인 방법으로 이러한 방법들을 다양한 식품에 병용하여 처리할 경우 상승효과에 의해 방사선 조사에 의한 품질변화를 최소화 할 수 있는 것으로 보고되고 있다(20-23).

따라서 본 연구에서는 방사선 조사에 의한 타락죽의 관능적 품질 저하를 최소화하기 위해 천연 항산화제인 Vit. C와 Vit. E의 첨가 효과를 확인하고, 항산화제 및 냉동 방사선 조사와의 병용처리를 통해 타락죽의 이화학적 및 관능적 품질개선을 위한 최적의 가공 공정을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

타락죽의 재료

타락죽 제조에 사용된 재료는 찹쌀(2010년산, 일반계, 영농조합 참좋은, 정읍), 우유(서울우유, 양주, 경기도), Vit. C(Dongbuk, Namyong Co., Seoul, Korea) 및 Vit. E(dl- α -tocopherol, Dongbuk, Namyong Co., Seoul, Korea)들이다. 찹쌀분말은 찹쌀의 2배에 해당하는 물을 찹쌀과 함께 20°C에서 6시간 동안 수침하였고, 이후 흐르는 물에 2회 수세하였다. 수세된 찹쌀은 체를 이용하여 10분간 물기를 제거한 후, 햇빛이 없는 실내(20°C)에서 16시간 동안 건조하였다. 건조가 완료되면, 분쇄기(HMF-1000A, Hanil electric, Seoul, Korea)로 분쇄한 후 120 mesh의 체를 통과시킨 분말을 타락죽의 제조에 사용하였다.

타락죽의 제조

타락죽은 150°C의 볶음 용기(\varnothing 30 cm)에서 찹쌀분말 200 g을 10분간 볶은 뒤, 400 g의 증류수를 첨가한 후, 100°C에서 2분간 가열하였다. 가열이 완료되면 우유 1 L를 70°C에서 3회로 나누어 첨가하고, 15분 동안 추가로 가열하였다. 완성된 타락죽은 믹서기(HMF-1000A, Hanil electric)에서 1분간 균질화 하여 실험에 사용하였다. Vit. C와 Vit. E의 첨가량은 실온까지 냉각된 타락죽에 각각 0.1, 0.2 및 0.3%(w/w)

가 되도록 첨가하였다. 제조된 타락죽은 aluminum laminated polyethylene 포장지에 200 g씩 넣은 후 방사선을 조사하여 시료로 사용하였다.

방사선 조사

방사선 조사는 선원 11.1 PBq, Co-60 감마선 조사시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Montreal, Canada)을 이용하였다. 우선, 항산화제 첨가에 따른 타락죽의 품질 평가를 위한 시료는 실온(22°C \pm 3)에서 감마선 조사를 하였으며, 냉동 방사선 조사와의 병용처리에 따른 타락죽의 품질 평가를 위한 시료는 냉동 상태(-20°C)를 유지하기 위해 드라이아이스가 담겨진 상자에 넣어 감마선을 조사하였다. 이때 감마선 조사는 시간당 10 kGy의 선량율로 10 kGy의 흡수선량이 되도록 처리하였다. 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, 감마선 조사선량인 10 kGy는 선행연구(13)의 결과를 바탕으로 타락죽의 관능적 품질 개선이 요구된 평균선량으로 설정하였다. 한편, 모든 시료는 실험 전 25°C의 항온수조에서 30분 동안 방치한 후 실험에 사용하였다.

pH 측정

시료를 증류수로 10배 희석하여 원심분리기(UNION 5 KR, Hanil Science Industrial Co., Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 원심분리(3,000 rpm, 15 min, 4°C)한 후, 상등액의 pH를 측정(MP220, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)하였다.

지방산패도(2-thiobarbituric acid value) 측정

지방산패도는 Jo와 Ahn(24)의 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)법을 이용하였다. 즉, 시료 5 g에 50 μ L의 BHA(7.2% in ethanol)와 증류수 15 mL을 넣은 후 homogenizer(DIAX 900, Heidolph, Co., Ltd., Schwabach, Germany)로 균질화 시켰다. 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)를 이용하여 원심분리(3,000 rpm, 15 min, 4°C) 후, 상등액 1 mL를 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정한 후 검량선을 이용하여 malondialdehyde(MA)의 농도를 구하였다. 이때 얻어진 결과는 MA μ mol/g sample(wet basis)로 표시하였다

점도

점도는 Han 등(13)의 방법을 수정하여 사용하였다. 6번 회전축(spindle no. 6)을 사용하여 분당 5회의 회전속도(5 rpm)로 실온에서 타락죽의 점도를 측정(DV-II+ Pro, Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, MA, USA)하였다.

색도

시료 표면을 색차색도계(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 검사와 특성강도 검사에 대하여 관련 분야를 전공한 연구원을 대상으로 하였다. 이때의 평가항목은 기호도 검사로 외관(appearance), 향미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture) 및 종합적 기호도(overall acceptability)들이었다. 점수는 매우 좋아한다 7점, 좋지도 싫지도 않다 4점, 매우 싫어한다 1점을 부여하였다. 특성강도 검사는 이취(off-flavor)를 아주 심하다 7점, 전혀 없다 1점으로 나타내었다. 패널은 관능검사 중 연령, 성별 등을 기록하고, 각 시료는 개인별 물컵 및 시료를 벨는 컵을, 시료의 사이에는 정수된 물 및 식빵을 제공하였다. 영향을 최소화하기 위해 15~20분 범위 내에서 관능검사가 이루어지도록 하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 실시하였으며, 측정 결과는 평균값±표준편차로 나타내었다. 통계프로그램은 SPSS(Windows ver. 10.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였

다. 각 시료간의 유의성을 검증한 후 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이가 보일 때 평균값간의 차이를 Duncan's multiple range test 방법으로 사후검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

항산화제 첨가가 방사선 조사 타락죽의 이화학적 특성에 미치는 영향

Vit. C와 Vit. E의 첨가가 실온에서 방사선 조사된 타락죽의 pH, 지방산패도 및 점도에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었으며, 색도에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다. 항산화제 첨가에 따른 타락죽의 pH(Table 1)는 Vit. E의 경우 유의적인 변화가 없는 것으로 나타났으나, Vit. C 첨가구의 경우 Vit. C 자체의 낮은 pH로 인하여 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 따라서 과다한 Vit. C의 첨가는 pH에 변화로 인한 품질 변화를 야기할 가능성이 있는 것으로 사료되었다.

항산화제 첨가에 따른 방사선 조사 타락죽의 지방산패도 변화를 분석한 결과(Table 1) 항산화제 무첨가 방사선 조사구가 유의적으로 가장 높은 지방산패도를 보였으며, 항산화제 첨가구의 경우 Vit. C 및 Vit. E의 첨가량이 증가할수록 방사선 조사에 의한 지방산패도는 유의적으로 감소하는 경

Table 1. Effect of antioxidants on pH, TBA (2-thiobarbituric acid) values, and viscosity of *Tarakjuk* with irradiated at 10 kGy under room temperature

Treatments	Irradiation temperature	Antioxidant (%)		pH	TBA values (MA $\mu\text{mol/g}$) ¹⁾	Viscosity (cP)
		Vit. C	Vit. E			
Non-treated (control)	-	-	-	7.1±0.05 ^{2)a3)}	0.4±0.13 ^d	40,307±437 ^a
		-	-	7.1±0.01 ^a	1.7±0.44 ^a	12,415±188 ^g
Irradiated	Room temperature	0.1	-	6.9±0.03 ^b	1.0±0.61 ^b	35,280±140 ^c
		0.2	-	6.6±0.04 ^c	0.9±0.11 ^{bc}	38,166±421 ^b
		0.3	-	6.3±0.05 ^d	0.7±0.09 ^c	41,920±282 ^a
		-	0.1	7.0±0.05 ^a	1.1±0.52 ^b	23,413±580 ^f
		-	0.2	7.0±0.02 ^a	0.9±0.13 ^{bc}	25,833±473 ^e
		-	0.3	7.0±0.02 ^a	0.7±0.16 ^c	28,067±586 ^d

¹⁾MA: malondialdehyde $\mu\text{mol/g}$.

²⁾Values are means±standard deviation (n=9).

³⁾Mean values within same column followed by the different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Effect of antioxidants on Hunter's color values of *Tarakjuk* with irradiated at 10 kGy under room temperature

Treatments	Irradiation temperature	Antioxidant (%)		Hunter's color values		
		Vit. C	Vit. E	L*	a*	b*
Non-treated (control)	-	-	-	78.1±0.16 ^{1)NS2)}	1.6±0.02 ^{NS}	13.6±0.12 ^{NS}
		-	-	77.5±0.01	1.6±0.08	13.5±0.09
Irradiated	Room temperature	0.1	-	77.2±0.01	1.7±0.03	13.6±0.01
		0.2	-	77.8±0.01	1.7±0.02	13.8±0.01
		0.3	-	77.1±0.01	1.7±0.01	13.9±0.02
		-	0.1	77.5±0.02	1.7±0.02	13.6±0.01
		-	0.2	77.7±0.01	1.8±0.02	13.9±0.01
		-	0.3	77.5±0.02	1.8±0.01	13.6±0.01

¹⁾Values are means±standard deviation (n=9).

²⁾NS: not significantly different.

향을 보였다($p < 0.05$). 따라서 Vit. C와 Vit. E의 첨가는 방사선 조사에 의한 타락죽의 지방산패에 따른 품질을 개선시키는데 효과적인 방법으로 사료되었다. 일반적으로 Vit. C와 Vit. E는 방사선 조사에 의한 지방의 산화를 방지하는 작용이 있는데(25,26), Vit. C는 방사선 조사에 의한 물의 이온화로부터 생성된 자유 라디칼을 빠르게 소거시키는데 반해 Vit. E는 자유 라디칼의 작용으로 인한 peroxidative damage로부터 지방산과 콜레스테롤을 보호함으로써 지방산패를 억제시키는 서로 다른 항산화 기전을 가진다(27,28). 그러나 본 연구결과에서는 Vit. C와 Vit. E가 방사선 조사에 따른 지방산패에 미치는 영향에 대한 차이는 없는 것으로 확인되었다.

항산화제 첨가에 따른 방사선 조사 타락죽의 점도(Table 1)의 경우 대조구가 가장 높은 점도를 보였으며, 항산화제 무첨가 방사선 조사는 처리구중 유의적으로 가장 낮은 점도를 나타내었다($p < 0.05$). 전분은 방사선 조사에 의해 생성된 자유 라디칼로 인한 depolymerization이 일어나게 되며, 결과적으로 dextrin 단위로 저분자화 된다(29). 이러한 전분의 구조적 변화는 결정성, 용해도 및 호화도를 증가시키게 되고(30), 점도 및 팽윤력은 감소시키게 된다(31). 한편, 항산화제 첨가구의 경우 Vit. C 및 Vit. E의 첨가량이 증가할수록 방사선 조사에 의한 점도감소가 유의적으로 낮아졌으며($p < 0.05$), 특히 Vit. C 첨가구가 Vit. E 첨가구에 비해 높은 점도를 나타내었다. 이는 Vit. C 첨가에 따른 타락죽의 pH 감소로 인한 유단백질의 점도 증가 및 수용성인 Vit. C의 경우 Vit. E에 비해 전분에 미치는 free radical의 영향을 감소시키는 효과가 더욱 크기 때문으로 사료되었다. 한편, Adriano 등(32)은 Vit. C가 풍부한 acerola juice를 milk drink에 첨가할 경우 점성이 증가하였다고 보고하였으며, Antonio와 Nelida(33)는 Vit. C가 방사선 조사에 의한 carrageenan의 점도 감소 억제에 효과적인 것으로 보고한바 있어 상기의 결과를 뒷받침하는 것으로 확인되었다. 따라서 방사선 조사에 의한 타락죽의 점도 감소를 고려할 경우 Vit. E에 비해 적정량의

Vit. C를 첨가하는 것이 보다 효과적인 것으로 판단되었다.

항산화제 첨가에 따른 타락죽의 색도(Table 2)는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 명도(L^* 값), 적색도(a^* 값) 및 황색도(b^* 값)에 유의적인 변화가 없는 것으로 나타나 방사선 조사 및 항산화제 첨가가 타락죽의 색도에 미치는 영향은 없는 것으로 사료되었다.

항산화제 첨가가 방사선 조사 타락죽의 관능적 품질에 미치는 영향

Vit. C와 Vit. E의 첨가가 실온에서 방사선 조사된 타락죽의 관능적 품질에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 외관은 항산화제의 종류 및 첨가량에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 이는 색도결과에서(Table 2) 대조구를 포함한 모든 시료에서 색의 변화가 나타나지 않은 것과 유사하게 나타났다. 따라서 항산화제 첨가 및 방사선 조사는 타락죽의 외관에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다.

향미는 대조구가 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 항산화제 무첨가 방사선 조사구가 가장 낮게 나타났다. 항산화제 첨가구의 경우 방사선 조사구의 향미는 Vit. C 및 Vit. E 첨가에 의해 유의적으로 높아졌으나, 항산화제 종류 및 첨가량 변화에 따른 차이는 없는 것으로 확인되었다. 마찬가지로 이취의 경우 항산화제 무첨가 방사선 조사구가 유의적으로 가장 높게 나타났으나, 이에 비해 항산화제 첨가구의 경우 이취가 감소하는 것으로 나타나 항산화제 첨가는 방사선 조사에 의한 지방산패 및 단백질 변성으로부터 생성되는 이취 발생을 억제하는 것으로 확인되었다. 그러나 항산화제 종류 및 첨가량에 변화에 따른 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

조직감의 경우 항산화제 무첨가 방사선 조사구가 가장 낮게 나타났으나, Vit. C 및 Vit. E 첨가에 의해 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 점도 분석결과에서와 같이 항산화제 첨가에 의해 타락죽의 점도 감소가 억제되기 때문으로 사료되었다. 그러나 외관, 향미 및 이취 결과와 마찬가지로

Table 3. Effect of antioxidants on sensory properties of *Tarakjuk* with irradiated at 10 kGy under room temperature

Treatments	Irradiation temperature	Antioxidant (%)		Attributes					
		Vit. C	Vit. E	Appearance	Flavor	Texture	Taste	Overall acceptability	Off-flavor
Non-treated (control)	-	-	-	5.6±0.98 ^{1)NS2)}	5.8±1.15 ³⁾	5.3±0.68 ^a	5.4±0.72 ^a	5.6±0.72 ^a	1.0±0.58 ^c
		-	-	5.2±0.18	3.7±0.80 ^c	3.8±0.87 ^c	3.8±0.56 ^c	3.8±0.23 ^c	3.5±0.15 ^a
		0.1	-	5.1±0.93	4.8±1.17 ^b	4.8±0.81 ^b	4.8±1.28 ^{ab}	5.1±1.01 ^b	1.2±0.46 ^c
Irradiated	Room temperature	0.2	-	5.2±0.83	4.5±1.30 ^b	4.8±0.69 ^b	4.6±1.41 ^b	5.0±0.52 ^b	1.1±0.36 ^c
		0.3	-	5.1±1.13	4.6±1.20 ^b	4.7±0.53 ^b	4.4±0.67 ^b	5.0±0.67 ^b	1.1±0.46 ^c
		-	0.1	5.1±0.90	4.7±1.25 ^b	4.5±0.55 ^b	4.3±1.25 ^b	4.9±0.24 ^b	1.3±0.39 ^c
		-	0.2	4.9±1.54	4.8±0.94 ^b	4.4±0.52 ^b	4.2±0.94 ^b	4.6±0.23 ^{bc}	1.2±0.22 ^c
		-	0.3	5.0±1.80	4.8±1.03 ^b	4.4±0.82 ^b	4.2±1.03 ^b	4.5±0.54 ^{bc}	1.1±0.01 ^c

¹⁾Values are means± standard deviation (n=20).

²⁾NS: not significantly different.

³⁾Mean values within same column followed by the different letters are significantly different ($p < 0.05$).

지로 항산화제 종류 및 첨가량의 변화에 따른 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

맛의 경우 항산화제 무첨가 방사선 조사구가 가장 낮은 점수를 보였으나, 전반적으로 항산화제 첨가에 의해 점수가 유의적으로 높아지는 경향이였다. 이중 Vit. C 0.1% 첨가구의 경우 항산화제 첨가구 중 가장 높은 점수를 보였는데, 이는 0.2% 이상의 Vit. C 첨가 시 특유의 신맛으로 인해 오히려 맛이 감소하였기 때문으로 사료된다. 한편, Vit. E의 경우 첨가량에 따른 유의적 차이는 없는 것으로 나타났으나, Vit. C에 비해 약간 낮은 점수를 보여 방사선 조사 타락죽의 맛 개선에 있어서 Vit. C가 보다 효과적인 것으로 판단되었다.

종합적 기호도의 경우 대조구가 가장 높게 나타났으며, 항산화제 무첨가 방사선 조사구가 가장 낮게 나타났다. 한편 항산화제 첨가구의 경우 Vit. C 및 Vit. E 첨가에 의해 기호도가 향상되는 것으로 나타났으며, Vit. E에 비해 Vit. C 첨가구의 종합적 기호도에서 높게 나타나는 경향이였다. 그러나 Vit. C는 첨가량에 따른 유의적 차이는 확인되지 않았으며, Vit. E의 경우 0.1% 첨가구가 0.2% 및 0.3% 첨가구에 비해 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 항산화제 첨가는 방사선 조사에 의한 타락죽의 관능적 품질 개선에 효과적인 것으로 판단되었으며, Vit. C와 Vit. E 모두 첨가량에 따른 관능적 품질에 큰 차이를 보이지 않았으나, 전반적으로 Vit. C 0.1% 첨가 시 관능적 품질이 가장 우수한 것으로 사료되었다. 그러나 항산화제 첨가에도 불구하고 대조구에 비해 방사선 조

사 타락죽의 관능적 품질이 여전히 낮게 나타나 냉동 방사선 조사 및 항산화제 혼합첨가와 같은 병용처리가 필요할 것으로 판단되었다.

항산화제 혼합첨가 및 냉동 방사선 조사 병용처리가 타락죽의 이화학적 특성에 미치는 영향

항산화제 혼합첨가 및 냉동 방사선 조사 병용처리가 방사선 조사 타락죽의 pH, 지방산패도 및 점도 변화에 미치는 영향은 Table 4, 색도에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. pH의 경우 Table 1의 결과와 마찬가지로 Vit. C 첨가에 의해 pH가 감소하는 것을 제외하고 다른 시료간의 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

지방산패도(Table 4)의 경우 실온 방사선 조사구에 비해 냉동 방사선 조사가 유의적으로 낮게 나타났으며, 항산화제와 냉동 방사선 조사를 병용할 경우 지방산화가 크게 억제되는 것으로 나타났다. 특히 Vit. C와 Vit. E를 각각 0.1%씩 혼합하여 냉동온도에서 방사선을 조사한 경우 지방산패를 가장 효과적으로 억제하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 이들 병용처리 방법이 서로 다른 기전에 의해 산화적 손상을 억제하므로 상승효과를 나타낼 수 있기 때문으로 사료된다. 즉, 냉동 상태에서 방사선을 조사할 경우 물의 이온화에 의한 free radical 생성이 감소되고, Vit. C의 경우 생성된 free radical을 소거시키며, Vit. E는 최종적으로 free radical에 의한 지방의 peroxidative damage를 최소화시키는데(27, 28), 이러한 상승효과를 위해 방사선 조사식품에 다양한 병

Table 4. Combined effect of antioxidants and irradiation at 10 kGy under freezing temperature on pH, TBA (2-thiobarbituric acids) values, and viscosity of *Tarakjuk*

Treatments	Irradiation temperature	Antioxidant (%)		pH	TBA values (MA $\mu\text{mol/g}$) ¹⁾	Viscosity (cP)
		Vit. C	Vit. E			
Non-treated (control)	—	—	—	7.1 \pm 0.05 ^{2)a3)}	0.4 \pm 0.13 ^e	40,307 \pm 437 ^a
	Room temperature	—	—	7.1 \pm 0.01 ^a	1.7 \pm 0.44 ^a	12,415 \pm 188 ^f
Irradiated	Freezing temperature	—	—	7.2 \pm 0.01 ^a	1.1 \pm 0.36 ^b	24,900 \pm 258 ^e
		0.1	—	6.8 \pm 0.01 ^b	0.8 \pm 0.19 ^c	36,650 \pm 443 ^b
		—	0.1	7.1 \pm 0.05 ^a	0.8 \pm 0.36 ^c	29,450 \pm 772 ^d
		0.1	0.1	6.8 \pm 0.01 ^b	0.6 \pm 0.15 ^d	35,900 \pm 702 ^c

¹⁾MA: malondialdehyde $\mu\text{mol/g}$.

²⁾Values are means \pm standard deviation (n=9).

³⁾Mean values within same column followed by the different letters are significantly different (p<0.05).

Table 5. Combined effect of antioxidants and irradiation at 10 kGy under freezing temperature on Hunter's color values of *Tarakjuk*

Treatments	Irradiation temperature	Antioxidant (%)		Hunter's color values		
		Vit. C	Vit. E	L*	a*	b*
Non-treated (control)	—	—	—	78.1 \pm 0.16 ^{1)NS2)}	1.6 \pm 0.02 ^{NS}	13.6 \pm 0.12 ^{NS}
	Room temperature	—	—	77.5 \pm 0.01	1.6 \pm 0.08	13.5 \pm 0.09
Irradiated	Freezing temperature	—	—	78.6 \pm 0.05	1.6 \pm 0.03	13.5 \pm 0.07
		0.1	—	78.4 \pm 0.15	1.6 \pm 0.03	13.5 \pm 0.31
		—	0.1	78.6 \pm 0.17	1.6 \pm 0.02	13.6 \pm 0.06
		0.1	0.1	78.2 \pm 0.16	1.6 \pm 0.08	13.8 \pm 0.06

¹⁾Values are means \pm standard deviation (n=9).

²⁾NS: not significantly different.

Table 6. Combined effect of antioxidants and irradiation at 10 kGy under freezing temperature on sensory properties of *Tarakjuk*

Treatments	Irradiation temperature	Antioxidant (%)		Attributes					
		Vit. C	Vit. E	Appearance	Flavor	Texture	Taste	Overall acceptability	Off-flavor
Non-treated (control)	—	—	—	5.6±0.98 ^{1)NS2)}	5.8±1.15 ^{a3)}	5.3±0.68 ^a	5.4±0.72 ^a	5.6±0.72 ^a	1.0±0.58 ^b
	Room temperature	—	—	5.2±0.18	3.7±0.80 ^b	3.8±0.87 ^b	3.8±0.56 ^c	3.8±0.23 ^c	3.5±0.15 ^a
Irradiated	Freezing temperature	—	—	5.8±0.64	5.4±0.83 ^{ab}	4.8±0.24 ^{ab}	4.8±0.52 ^b	5.0±0.31 ^b	1.4±0.12 ^b
		0.1	—	5.8±0.76	5.7±0.89 ^a	4.9±0.17 ^{ab}	5.1±0.16 ^{ab}	5.3±0.53 ^{ab}	1.1±0.46 ^b
		—	0.1	5.9±0.74	5.3±0.74 ^{ab}	4.9±0.46 ^{ab}	5.1±0.76 ^{ab}	5.2±0.35 ^{ab}	1.1±0.46 ^b
		0.1	0.1	5.8±0.93	5.9±0.74 ^a	4.9±0.64 ^{ab}	5.5±0.36 ^a	5.5±0.53 ^a	1.1±0.52 ^b

¹⁾Values are means±standard deviation (n=20).

²⁾NS: not significantly different.

³⁾Mean values within same column followed by the different letters are significantly different (p<0.05).

용처리가 접목되고 있다(20,34-38).

점도(Table 4)의 경우 Table 1에서와 같이 항산화제 첨가에 의해 점도 감소가 억제되는 것으로 나타났으나, 항산화제 혼합첨가 및 냉동 방사선 조사와의 병용처리에 의한 효과는 미미한 것으로 확인되었다. 또한, 색도(Table 5)도 마찬가지로 Table 2에서와 같이 시료간의 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나, 항산화제 혼합첨가 및 냉동 방사선 조사와의 병용처리로 인한 색의 변화는 없는 것으로 사료되었다.

항산화제 혼합첨가 및 냉동 방사선 조사 병용처리가 타락죽의 관능적 품질에 미치는 영향

항산화제 혼합첨가 및 냉동 방사선 조사 병용처리가 타락죽의 관능적 품질 변화에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다. 외관의 경우 색도(Table 5) 결과와 같이 모든 시료에서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 Table 3과 일치하는 경향이었으며, 항산화제 혼합첨가 및 냉동 방사선 조사에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편 향미, 이취, 조직감, 맛 및 종합적 기호도의 경우 전반적으로 항산화제를 첨가한 냉동 방사선 조사구의 점수가 유의적으로 높게 나타났으며, 특히 항산화제를 혼합 첨가한 냉동 방사선 조사구가 대조구의 품질과 가장 유사한 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 보면 방사선 조사 타락죽의 이화학적 및 관능적 품질 개선을 위한 방법으로는 항산화제 첨가 또는 냉동온도에서 방사선 조사가 효과적인 것으로 확인되었으나, 이들 방법을 단독으로 사용하는 것보다 병용처리 하는 방법이 방사선 조사에 의한 타락죽의 품질 저하를 가장 효과적으로 억제시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

요 약

방사선 조사에 따른 타락죽의 관능적 품질 저하를 개선하기 위한 연구의 일환으로 항산화제(Vit. C 및 Vit. E) 첨가 후, 실온 또는 냉동 방사선 조사와의 병용처리가 타락죽의 이화학적 및 관능적 품질에 미치는 영향을 평가하였다. 항산화제 첨가와 실온 방사선 조사 효과를 확인한 결과 타락죽의

pH는 Vit. E 첨가에 따른 변화가 없었으나, Vit. C의 경우 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 지방산패도와 점도의 경우 Vit. C 및 Vit. E 첨가량이 증가할수록 방사선 조사에 의한 지방산화 및 점도의 감소가 유의적으로 억제되는 것으로 나타났다. 색은 Vit. C 및 Vit. E 첨가에 의한 변화는 없는 것으로 나타났다. 관능평가 결과 Vit. C 및 Vit. E 첨가구는 무첨가구에 비해 방사선 조사 타락죽의 품질을 유의적으로 향상시키는 것으로 나타났으며, 각각 0.1% 첨가구가 가장 좋은 것으로 나타났다. 항산화제(Vit. C 및 Vit. E 0.1%)와 냉동 방사선 조사 병용처리 효과를 확인한 결과, 항산화제와 냉동 방사선 조사 병용처리 시 방사선 조사에 의한 지방산패와 점도 감소 억제 및 관능적 품질저하의 개선에 매우 효과적인 것으로 나타났으며, 특히 Vit. C 및 Vit. E를 각각 0.1%씩 함께 첨가할 경우 효과가 가장 좋은 것으로 나타났다. 따라서 방사선 조사에 의한 타락죽의 관능적 품질 저하는 0.1%의 Vit. C 및 Vit. E를 각각 혼합 첨가와 냉동 방사선 조사의 병용처리를 통해 타락죽의 품질을 가장 효과적으로 개선시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 원자력 연구개발사업의 지원에 따른 결과로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee KA, Shin ES, Lee HK, Kim MJ, Kim KBWE, Byun MW, Lee JW, Kim JH, Ahn DH, Lyu ES. 2008. Quality characteristics of abalone porridge with viscera. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 103-108.
2. Doopedia. <http://www.doopedia.co.kr> (Aug 18, 2011).
3. Wikipedia. <http://ko.wikipedia.org> (Aug 30, 2011).
4. Lee GC. 2001. A study on the traditional daily food for Seoul. *Asian Comp Folklore* 20: 233-255.
5. 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.
6. Richard JA, Walter JC. 1998. Nutritional support of the pe-

- diatric oncology patient. *Nutrition* 14: 124-129.
7. Byun MW, Lee JW, Yook HS, Lee KH, Kim HY. 2002. Improvement of shelf stability and processing properties of meat products by gamma irradiation. *Radiat Phys Chem* 63: 361-364.
 8. 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.
 9. KFDA. 2008. *Food Code*. Munyoungsa, Seoul, Korea. p 21-22.
 10. Thayer DW. 1990. Food irradiation, benefits, and concerns. *J Food Qual* 13: 147-169.
 11. 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.
 12. 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.
 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. Park JN, Park JG, Han IJ, Song BS, Choi JI, Kim JH, Sohn HS, Lee JW. 2010. Combined 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.
 15. 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.
 16. Kang HJ, Jo C, Lee NY, Kim JO, Byun MW. 2004. Effect of gamma irradiation on microbial growth, electron donating ability, and lipid oxidation of marinated beef rib (*Galbi*) with different packaging methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 888-893.
 17. Kim HJ, Choi JI, Park JG, Song BS, Kim JH, Yoon Y, Kim CJ, Shin MH, Byun MW, Lee JW. 2009. Effects of combined treatment of gamma irradiation and addition of fucoi-dan/laminarin on ready-to-eat pork patty. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29: 34-39.
 18. Park KS, Kim JG, Lee JW, Oh SH, Lee YS, Kim JHa, Kim JHb, Kim WG, Byun MW. 2004. Effects of combined treatment gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks: II. Improvement in quality. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 694-699.
 19. Han IJ, Song BS, Lee JW, Kim JH, Choi KS, Park JR, Chun SS. 2011. Effect of irradiation temperature on physicochemical and sensory properties of *Tarakjuk* (milk porridge). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1307-1313.
 20. Shultz GW, Cohen JS, Mason VC, Wierbicki E. 1977. Flavor and textural changes in radappertized chicken as affected by irradiation temperature, NaCl and phosphate additions. *J Food Sci* 42: 885-889.
 21. 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 323-324.
 22. Lee KH, Yoo HS, Lee JW, Lee HJ, Byun MW. 1998. Effects of antioxidants on oxidation of lard induced by gamma irradiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1047-1052.
 23. Ahn DU, Nam KC. 2004. Effects of ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Radiat Phys Chem* 71: 149-154.
 24. Jo C, Ahn DU. 2000. Production volatile compounds from irradiated oil emulsions containing amino acids or proteins. *J Food Sci* 65: 612-616.
 25. Carmia B, Augustinus O, Herbert M, Laurie D, John EB. 1986. Selenium and vitamin E inhibit radiogenic and chemically induced transformation in vitro via different mechanisms. *Proc Natl Acad Sci* 83: 1490-1494.
 26. Schaefer DM, Liu Q, Yin MC. 1995. Supranutritional administration of vitamins E and C improves oxidative stability of beef. *J Nutr* 125: 1792-1798.
 27. Niki E. 1984. Interaction of ascorbate and α -tocopherol. *Ann NY Acad Sci* 498: 186-199.
 28. Ahn DU, Sell JL, Jo C, Chen X, Chen C, Lee JI. 1998. Effects of dietary vitamin E supplementation on lipid oxidation and volatiles content of irradiated, cooked turkey meat patties with different packaging. *Poultry Sci* 77: 912-920.
 29. Christopher HS, Xuetong F. 2006. *Food irradiation research and technology*. 1st ed. Blackwell publishing professional, Des Moines, IA, USA. p 11.
 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. Sokhey AS, Hanna MA. 1993. Properties of irradiated starches. *Food Struct* 12: 397-410.
 32. Adriano GC, Anderson de SSA, Mariana MM, Angela MT, Flavio LS. 2009. Milk drink using whey butter cheese (*queijo manteiga*) and acerola juice as a potential source of vitamin C. *Food Bioprocess Tech* 2: 368-373.
 33. Antonio JA, Nelida LDM. 2004. Ascorbic acid as radiation protector on polysaccharides used in food industry. *Colloid Surface A* 249: 131-133.
 34. Song BS, Kim MJ, Park JK, Kim JH, Kim DJ, Han SB, Shin JK, Byun MW, Lee JW. 2008. Combination pretreatment of calcium and vitamin C to enhance the firmness of *Kimchi* sterilized with high-dose gamma irradiation. *Food Sci Biotechnol* 17: 751-754.
 35. Lee NY, Jo C, Byun MW. 2005. Application of irradiation technology for development of functional natural materials. *Food Ind Nutr* 10: 26-31.
 36. Formanek Z, Kerry JP, Higgins FM, Buckley DJ, Morrissey PA, Farkas J. 2001. Addition of synthetic and natural antioxidants to alpha-tocopherol acetate supplemented beef patties: effects of antioxidants and packaging on lipid oxidation. *Meat Sci* 58: 337-341.
 37. Giroux M, Ouattara B, Yefsah R, Smoragiewicz W, Saucier L, Lacroix M. 2001. Combined effect of ascorbic acid and gamma irradiation on microbial and sensorial characteristics of beef patties during refrigerated storage. *J Agric Food Chem* 49: 919-925.
 38. Ahn DU, Sell JL, Jeffery M, Jo C, Chen X, Wu C, Lee JI. 1997. Dietary vitamin E affects lipid oxidation and total volatiles of irradiated raw turkey meat. *J Food Sci* 62: 954-958.

(2011년 9월 22일 접수; 2011년 10월 20일 채택)