

방사선 조사와 천연추출물을 이용한 아질산염 무첨가 육포제조

김재훈 · 전순실¹ · 김장호 · 오상희 · 서지현 · 김경희 · 이주운 · 변명우

한국원자력연구소 방사선식품생명공학기술개발팀

¹순천대학교 식품과학부

서 론

육포는 생고기를 양념에 숙성시킨 후 자연일광과 음건으로 건조시켜 만든 고단백 저장식품으로 국내외에서 널리 이용되어 왔다. 최근 육포는 전통제조법에 육색소를 고정시키고, 산화를 억제하며, 혐기성 균의 성장을 억제시키기 위해 아질산염(nitrite)를 첨가하고 있으나 아질산염에 의해 생성되는 nitrosamine의 유해성 등의 문제로 인해 그 대체기술의 필요성이 증가하고 있다⁽¹⁾. 이에 본 연구는 육포에 파프리카와 매실 추출액을 첨가하고 미생물 사멸효과와 육색소 증진 효과가 보고⁽²⁾된 감마선 및 전자선 조사기술을 이용하여 아질산염이 첨가되지 않은 고품질 육포 제조방법을 연구하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

육포제조 및 감마선/전자선 조사

돈육에 파프리카 추출액과 매실 추출액을 각각 0.5% 및 3.75% 함량이 되도록 첨가한 후 상업적으로 제조되는 돈육 계구성육포 제조방법에 따라 시료를 제조하였다. 시료는 150g 단위로 알루미늄과 PE가 라미네이팅된 멸균 복합필름 포장재에 담은 후 Modified Atmosphere(MA, CO₂ : N₂ = 25 : 75) 포장하여 감마선과 전자선을 조사하였다. 시료의 감마선 조사와 전자선 조사는 각각 선원 10 Ci의 Co-60 감마선 조사시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Canada)와 ELV4-electron accelerator(Energy 1 MeV, beam power 40 kW)을 이용하여 3, 5, 7 및 10 kGy의 흡수선량을 얻도록 조사하였다.

미생물학적 평가

시료 10g을 시료 중량의 9배의 멸균된 0.1% peptone 수를 넣고 2분간 균질화한 후, 총균수를 측정하기 위해 Plate Count Agar(PCA, Difco Lab.), 곰팡이 및 효모수를 측정하기 위해 Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenicol Agar(DRBC, Difco Lab.), 대장균군수를 측정하기 위해 Eosin Methylene Blue Agar(EMB, Difco Lab.)을 이용하였다.

이화학적 특성 평가

지방 산패도는 Jo와 Ahn⁽³⁾의 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)법으로 측정하였으며 검량선을 이용하여 malondialdehyde의 농도(g malondialdehyde/kg sample)를 구하였으며, 항산화활성은 자유라디칼 scavenging 효과는 Ahn et al.⁽⁴⁾의 방법으로 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical을 이용하여 Electron Donating Ability(%)을 측정하였다. 조직감 측정을 위해 일정한 크기(1060 mm²)로 자른 시료를 Blade set with knife가 장치된 texture analyser(TX-Xt 2i, Stable Micro System Ltd., UK)로 수직으로 완전히 절단한 후 얻어진 strength(N/mm)-time(s) 그래프로부터 최대 전단력(최대 peak)와 총 전단력(면적)을 계산하였다. 색도는 시료의 표면을 Colorimeter(Spectrophotometer, Model CM-3500d, Minolta Co., Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a) 및 황색도(yellowness, b)로 색도를 측정하였다.

통계처리 및 결과의 평가

SPSS에서 프로그램된 general linear model procedures, least square 평균값을 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다($P < 0.05$).

결과 및 고찰

미생물학적 특성

Table 1과 방사선 비조사 육포의 총 호기성균은 4.3 log CFU/g, 효모 및 곰팡이는 1.65-2.90 log CFU/g 수준이었다. 이는 시판 육포 검사결과와 유사한 수준⁽⁵⁾으로 이러한 미생물 오염은 육포의 저장성과 안전성에 영향을 줄 수 있다. 본 연구결과 10 kGy의 감마선 조사에 의해 육포의 미생물이 검출 이하 수준으로 사멸된 반면, 10 kGy 전자선 조사에 의해

Table 1. Effect of irradiation on microorganisms(log CFU/g) of restructured pork jerky added with paprika and plum extracts

Dose (KGy)	Total aerobic bacteria		Yeast's and mold	
	Gamma-ray	Electron beam	Gamma-ray	Electron beam
0	4.31 ^a	4.30 ^a	1.65 ^{abc}	2.90 ^a
3	3.44 ^d	3.88 ^b	2.19 ^{ab}	1.15 ^{bcd}
5	3.44 ^d	3.79 ^b	1.08 ^{bcd}	0.50 ^{cd}
7	2.69 ^e	3.73 ^{bc}	1.08 ^{bcd}	1.87 ^{abc}
10	ND ^{1)f}	3.50 ^{cd}	ND ^d	ND ^d
SEM ²⁾	0.124		0.672	

Means followed by the different letter(a-f) are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾ND: not detected the detection limit $< 10^1$ CFU/g

²⁾SEM: pooled standard error of the mean (n=40).

서는 곰팡이 및 효모는 사멸되었으나 총 호기성균은 3.50 log CFU/g 수준 남아 있었다. 이는 전자선의 투과성이 감마선에 비해 약하기 때문으로 사료된다.

이화학적 품질 특성

Table 2와 같이 본 연구에 사용된 육포의 지질산화도(TBARS value)은 0.25-0.27 g malondialdehyde/kg이었으며, 이는 시판육포의 지질산화도가 0.239-0.367이라는 연구결과⁽⁵⁾와 유사한 값이다. 본 연구결과에서 감마선/전자선 조사된 천연추출물 첨가 육포의 지질산화도는 아질산염이 첨가된 시판 육포와 유사한 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 10 kGy까지의 감마선 및 전자선 조사는 육포의 지질산화도에 영향을 주지 않았는데, 이는 육포의 낮은 수분함량과 육포에 첨가한 매실과 파프리카에 함유된 항산화활성 성분 즉, Rutin⁽⁶⁾과 ascorbic acid, tocopherols, β -carotene⁽⁷⁾의 영향으로 보인다. 또한 이들 추출물의 항산화 성분들은 육포 제조 후에도 항산화 활성을 나타내었으며 감마선 및 전자선에 의해서도 항산화 활성을 유지하였다(Table 2). Table 3에서 보는 바와 같이 감마선 및 전자선으로 조사된 육포는 비조사구에 비해 조사선량에 따라 최대 전단력 및 총 전단력값이 감소되었으며 특히, 전자선에 의한 영향이 더 크게 나타났다. 이는 감마선 조사에 의한 근육 내 collagen 단백질들인 titin과 nebulin의 파괴와 perimysium과 endomysium의 파괴 속도가 비조사구보다 빠르게 진행되기 때문으로 보인다⁽⁸⁾ 이러한 결과는 감마선 및 전자선 조사에 의해 육포의 연도가 개선되어 관능적 품질이 향상될 수 있음을 시사한다. 본 연구에 사용된 육포의 색도를 측정된 결과 아질산염을 첨가하지 않았음에도 5.99-6.83의 적색도(a value)를 유지할 수 있었으며, 감마선 및 전자선에 의한 색도의 변화는 관찰되지 않았다(Table 4). 이는 파프리카 추출물의 아질산염 대체제 이용가능성을 제시한 Bloukas 등⁽⁹⁾의 연구와 일치한다.

Table 2. Effect of irradiation on the TBARS value and electron donating ability of restructured pork jerky added with paprika and plum extracts

Dose (kGy)	TBARS value (g malondialdehyde/kg sample)		Electron Donating Ability (%)	
	Gamma-ray	Electron beam	Gamma-ray	Electron beam
0	0.27 ^a	0.25 ^a	32.56 ^b	30.21 ^b
3	0.24 ^{ab}	0.26 ^a	29.08 ^b	37.59 ^a
5	0.26 ^a	0.26 ^a	37.79 ^a	39.83 ^a
7	0.27 ^a	0.22 ^b	31.05 ^b	32.03 ^b
10	0.26 ^a	0.26 ^a	32.71 ^b	31.28 ^b
SEM ¹⁾	0.055		3.247	

Means followed by the different letter(a-b) are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM: pooled standard error of the mean (n=30).

Table 3. Effect of irradiation on textures of restructured pork jerky added with paprika and plum extracts

Dose (kGy)	Maximum shearing force(N/mm)		Total work(N/mms)	
	Gamma-ray	Electron beam	Gamma-ray	Electron beam
0	21.09 ^{abc}	23.04 ^a	75.17 ^{ab}	83.13 ^a
3	22.16 ^{ab}	18.80 ^{bcd}	76.06 ^{ab}	73.00 ^{ab}
5	21.09 ^{abc}	19.04 ^{bcd}	69.41 ^{ab}	74.60 ^{ab}
7	19.66 ^{abcd}	17.90 ^{cd}	67.69 ^{ab}	66.28 ^{ab}
10	17.90 ^{cd}	15.83 ^d	65.94 ^{ab}	62.24 ^b
SEM ¹⁾	1.754		8.736	

Means followed by the different letter(a-d) are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM: pooled standard error of the mean (n=100).

Table 4. Effect of irradiation on Hunter color of restructured pork jerky added with paprika and plum extracts

Dose (kGy)	L		a		b	
	Gamma-ray	Electron beam	Gamma-ray	Electron beam	Gamma-ray	Electron beam
0	22.57 ^{ab}	21.47 ^{ab}	5.99 ^b	6.83 ^{ab}	4.09 ^b	4.78 ^{ab}
3	20.57 ^b	23.33 ^a	6.22 ^{ab}	7.61 ^a	5.22 ^{ab}	6.06 ^a
5	22.83 ^{ab}	21.08 ^{ab}	6.75 ^{ab}	6.32 ^{ab}	4.48 ^{ab}	4.56 ^{ab}
7	21.72 ^{ab}	21.40 ^{ab}	5.79 ^b	6.46 ^{ab}	4.59 ^{ab}	4.49 ^{ab}
10	21.12 ^{ab}	22.32 ^{ab}	5.73 ^b	6.39 ^{ab}	4.16 ^b	4.95 ^{ab}
SEM ¹⁾	1.221		0.742		0.725	

Means followed by the different letter(a-b) are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM: pooled standard error of the mean (n=100).

요 약

본 연구는 최근 위해성의 논란이 되고 있는 육가공 첨가제인 아질산염을 대체할 수 있는 기술을 제시하기 위해 시행되었으며, 이를 위해 천연추출물인 파프리카와 매실 추출물을 육포에 첨가하여 미생물 사멸을 위해 감마선 및 전자선을 처리하였다. 그 결과 아질산염을 첨가하지 않고 상기 기술들로 현재 시판되는 육포와 유사한 지질 산패도, 색도, 조직감을 유지할 수 있었으며, 특히 10 kGy 조사에 의해 곰팡이 및 효모를 비롯한 총 호기성 미생물이 효과적으로 사멸되어 육포의 저장성과 안전성을 확보할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Carrosen, R.T.(1995) *Food Technol.* 49, 72-80.
2. Brewer, S.(2004) *Meat Science.* 68, 1-17.
3. Jo, C. and Ahn, D.U.(2000) *J. Food Sci.* 65, 612-615.
4. Ahn, H. J. et al.(2003) *J. Food Sci.* 68, 2221-2224.
5. Yang C.Y. and Lee S.H.(2002) *Korean J. Food & Nutr.* 15, 197-202.
6. Han J.T. et al.(2001) *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44, 35-37.
7. Daood H.G. et al.(1996) *Food Chem.* 55, 365-372.
8. Yook et al.(1999) *Korean J. Sci. Technol.* 31, 665-671.
9. Bloukas, J.G. et al.(1999) *Meat Science.* 52, 257-265.