

우유의 감마선 조사처리 효과

함준상* · 노영배 · 김승일 · 김현수 · 정석근 · 채현석 · 안중남 · 조철훈¹ · 이완규²

농촌진흥청 축산연구소, ¹한국원자력연구소 방사선이용연구부, ²충북대학교 수의학과

서 론

FAO/IAEA/WHO 방사선 조사식품 공동전문위원회(Joint Expert Committee on the Wholeness of Irradiated Food, JECFI, 1980)에서는 조사식품의 안전성에 대한 국제적 평가를 실시하여 "어떤 식품이든 총 평균 10 kGy 이하로 방사선 조사된 식품은 독성학적 위험을 초래하지 않으므로 그 선량 이하로 처리된 식품에 대해서는 더 이상의 독성학적 시험이 필요치 않으며, 또한 미생물학적으로나 영양학적으로도 안전하여 어떤 특정한 문제를 야기하지 않는다"고 결론지었다(권, 1997).

계속되는 유가 상승은 에너지에 대한 위기감과 함께 우유 및 유제품 생산에 열처리 이외에 다른 방법의 필요성이 증대되고 있다. 본 연구에서는 우유의 감마선 조사처리시 미생물적 및 이화학적 변화를 비교하였다.

재료 및 방법

1. 시 료

본 실험에 사용된 원유는 축산연구소에서 착유된 원유를 사용하였다. 크림분리기(Westfalia, Denmark)로 탈지한 후 Falcon tube(50 mL)에 분주하여 각각 LTLT(63°C, 30분)와 HTST(72°C, 15초)는 수조(비전과학, Korea)에서 처리하였고, UHT(135°C, 4초)는 축산연구소 시험유가공장에 설치된 살균장비(APV, Denmark)를 이용하여 처리하였다. 감마선 조사는 한국원자력연구소(Daejeon, Korea) 내 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 실온(14±1°C)에서 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 0, 1, 2, 3, 5, 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량의 확인은 alanine dosimeter(지름 5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

2. 일반성분분석

우유의 지방, 단백질, 유당, 무지고형분, 유리지방산 함량은 밀코스캔(FT120, FOSS Electric, Denmark)를 이용하여 측정하였다.

3. 미생물 검사

우유의 일반세균수는 페트리필름 배양지법(Aerobic Count Plate Petrifilm, 3M Health Care, USA)을 이용하여 희석액(0.2% 펩톤)으로 희석한 다음, 비울별로 1mL씩 일반세균용페트리필름 배양지에 접종하여 32°C에서 48시간 배양한 수 붉은색의 콜로니를 계수하였다. 대장균군은 대장균군 측정용 페트리필름(Coliforms Petrifilm, 3M Health Care, USA)을 사용하여 37°C에서 24시간 배양후 가스형성이 있는 붉은색 콜로니를 계수하였다.

4. 아미노산 조성

우유시료 1g을 취하여 6 N HCl 40 mL을 가하고 110°C에서 24시간 가수분해하였다. HCl을 제거하기 위해 rotary evaporator(Eyela, Japan)로 농축후 잔류물을 증류수로 3회 세척후 농축한 후에 여과지로(Toyo, No. 5B) 여과하였다. 여과액을 증류수로 50 mL로 만든 후 아미노산 분석기(HITACHI L-8500A, Japan)로 분석하였다. Cysteine과 methionine은 HCl 첨가전에 안정액(85% formic acid 45 mL + 30% H₂O₂ 5 mL) 20 mL을 가하여 cysteic acid와 methionine sulfone으로 변환시켰다.

결과 및 고찰

1. 일반조성

실험에 사용된 원유의 탈지 후 조성은 Table 1에서 보는 바와 같이 단백질 3.15%, 지방 1.69%, 유당 4.96%, 그리고 총고형분 함량은 10.46%였다. 열처리와 감마선 조사에 의해 성분상의 차이는 관찰되지 않았으나, UHT 처리에 의해 단백질과 유당 함량에서 약간 감소를 나타내었다. 유리지방산 함량은 표준편차가 커서 통계적 유의성은 나타나지 않았으나 열처리와 감마선 조사 처리에 의해 증가하는 경향을 나타내었다.

2. 미생물

실험에 사용된 원유의 미생물 수는 Table 2에서 보는바와 같이 3.33 log CFU/ml이었으나 열처리 및 감마선 조사 처리후 일반세균 및 대장균군이 검출되지 않았다. 그런데, 4°C에서 1주 경과 후 저온장시간(63°C, 30분) 및 고온단시간(72°C, 15초) 처리유의 일반세균수는 각각 6.38과 6.54 log CFU/ml로 증가하였으며 대장균군수도 각각 6.38 및 6.27 log CFU/ml로 증가하였

Table 1. General composition of milk(%)

Treatment		Protein	Fat	Lactose	Total solid	Free fatty acid	pH
Raw milk		3.15	1.69	4.96	10.46	0.25±0.092	6.78
Heat	LTLT	3.16	1.67	4.98	10.47	0.27±0.002	6.75
	HTST	3.15	1.63	4.98	10.42	0.31±0.023	6.74
	UHT	3.12	1.66	4.86	10.35	0.33±0.001	6.69
Irradiation	1kGy	3.15	1.66	4.97	10.46	0.26±0.047	6.70
	2kGy	3.16	1.66	4.97	10.45	0.30±0.018	6.69
	3kGy	3.16	1.66	4.96	10.45	0.28±0.162	6.67
	5kGy	3.16	1.65	4.95	10.44	0.34±0.048	6.66
	10kGy	3.16	1.65	4.93	10.47	0.38±0.001	6.65

Table 2. Effect of heat and irradiation on standard plate counts and coliforms

Treatment	Same day		After one week	
	SPC	Coliforms	SPC	Coliforms
Raw milk	3.33±0.01	2.92±0.03	7.13±0.05	6.84±0.02
Heat	LTLT	ND ¹⁾	ND	6.38±0.02
	HTST	ND	ND	6.54±0.02
	UHT	ND	ND	ND
Irradiation	1kGy	ND	ND	4.11±0.07
	2kGy	ND	ND	1.45±0.07
	3kGy	ND	ND	ND
	5kGy	ND	ND	ND
	10kGy	ND	ND	ND

¹⁾ Viable colonies were not detected at detection limit < 10¹ CFU/mL.

다. 반면, UHT 처리유는 일주일 후에도 일반세균과 대장균이 검출되지 않았다. 감마선 조사 처리 후에 모두 일반세균 및 대장균이 검출되지 않았으나, 4℃에서 1주 경과 후 1 kGy로 조사 시에는 일반세균과 대장균이 각각 4.11 log와 2.06 log CFU/ml, 2 kGy로 조사 시에는 일반세균이 1.45 log CFU/ml 검출되었으나 대장균은 검출되지 않았고, 3 kGy 이상 조사 시에는 1주 후에도 일반세균 및 대장균이 검출되지 않았다. 따라서, 3 kGy 이상의 조사 시 UHT와 대등한 살균효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

3. 아미노산 조성

Alanine, glycine, phenylalanine, serine, threonine, 및 tyrosine은 열처리 또는 감마선 조사에 의해 조성에 영향 받지 않았다. Arginine, aspartate, iso-leucine, leucine, lysine, methionine은 열처리에 의해 감소되었으나 glutamate와 proline은 증가되었다. 한편 감마선 조사에 의해서는 aspartate, histidine, iso-leucine, leucine, lysine이 감소되었으나 cystein, glutamate, proline이 증가되어 열처리와 조사처리가 아미노산 조성에 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났고, 조성에서 증가의 의미는 상대적으로 변화가 적었음을 의미하며 glutamate와 proline은 열처리와 조사처리에 모두 안정적임을 나타낸다고 생각된다.

요 약

본 연구는 에너지 위기에 따른 고유가 시대에 에너지 소비가 많은 열처리에 의한 시유 생산을 영양적으로나 미생물학적으로 안전하게 대체할 수 있는 방법으로 감마선 조사처리에 대하여 검토하였다. 1, 2, 3, 5, 10 kGy의 감마선 조사 시 당일에는 일반세균과 대장균이 모두 검출되지 않았으나, 냉장상태에서 일주일 후에는 1과 2 kGy 조사구에서 일반세균이 검출되었다. 반면 LTLT, HTST, 및 UHT 처리시에도 당일에는 일반세균이 검출되지 않았으나 일주일 후에는 LTLT 처리와 HTST 처리유에서 10⁶ CFU/mL 이상 검출된 반면 UHT 처리유에서는 일반세균이 검출되지 않아, 우유에서 미생물적으로 UHT 처리 정도의 살균효과를 거두기 위해서는 3 kGy 이상의 감마선 조사 처리가 요구되었다.

Table 3. Amino acid composition of heat treated and gamma irradiated milk

Treatment		ALA	ARG	ASP	CYS	GLU	GLY	HIS	ILE	LEU
Raw milk		3.11	3.93 ^a	7.63 ^a	0.90 ^b	21.76 ^b	1.93	2.64 ^a	4.36 ^a	9.41 ^a
Heat	LTLT	3.15	3.41	7.52	0.89	22.41	1.93	2.58	4.29	9.33
	HTST	3.16	3.38	7.57	0.90	22.41	1.95	2.64	4.29	9.31
	UHT	3.12	3.77	7.52	0.90	22.46	1.91	2.56	4.33	9.25
	Ave	3.14	3.52 ^b	7.54 ^b	0.90 ^b	22.42 ^a	1.93	2.60 ^{ab}	4.30 ^b	9.30 ^b
Irradiation	1kGy	3.14	3.85	7.52	0.93	22.24	1.90	2.55	4.30	9.29
	2kGy	3.13	3.81	7.53	0.97	22.43	1.92	2.56	4.30	9.22
	3kGy	3.12	3.54	7.53	0.95	22.42	1.91	2.58	4.28	9.24
	5kGy	3.12	3.55	7.50	0.95	22.31	1.92	2.58	4.32	9.30
	10kGy	3.15	3.73	7.51	0.98	22.20	1.92	2.58	4.29	9.17
	Ave	3.13	3.70 ^{ab}	7.52 ^b	0.96 ^a	22.32 ^a	1.91	2.57 ^b	4.30 ^b	9.24 ^b

Treatment		LYS	MET	PHE	PRO	SER	THR	TYR	VAL
Raw milk		7.94 ^a	2.18 ^a	4.21	10.49 ^b	5.52	4.34	4.36	5.30 ^a
Heat	LTLT	7.83	2.15	4.29	10.63	5.54	4.34	4.45	5.25
	HTST	7.80	2.11	4.23	10.61	5.57	4.36	4.47	5.23
	UHT	7.65	2.07	4.19	10.79	5.52	4.33	4.36	5.29
	Ave	7.76 ^b	2.11 ^b	4.23	10.67 ^a	5.54	4.34	4.43	5.26 ^b
Irradiation	1kGy	7.79	2.14	4.17	10.76	5.48	4.32	4.35	5.27
	2kGy	7.69	2.18	4.09	10.79	5.53	4.32	4.28	5.24
	3kGy	7.71	2.17	4.18	10.79	5.54	4.34	4.44	5.26
	5kGy	7.71	2.15	4.25	10.75	5.51	4.29	4.47	5.29
	10kGy	7.73	2.19	4.30	10.75	5.49	4.29	4.42	5.31
	Ave	7.72 ^b	2.17 ^a	4.20	10.77 ^a	5.51	4.31	4.39	5.27 ^{ab}

감사의 글

본 연구는 농림부의 농림기술개발연구사업의 지원(2005~2007)으로 수행된 연구 결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Cho, K. H., Yook, H. S., Lee, J. W., Lee, S. Y., and Byun, M. W. (2001) *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* 30, 505-509.
2. Ciesla, K., Salmieri, S., Lacroix, M., and Le Tien, C. (2004) *Radiat. Phys. Chem.* 71, 93-97.
3. Dong, F. M., Hashisaka, A. E., Rasco, B. A., Einstein, M. A., Mar, D. R. and Aker, S. N. (1992) *J. Am. Diet Assoc.* 92, 719-723.
4. Kwon J. H. (1997). Proceeding of 20th congress of Korean Society for *Food Sci. Ani. Resour.* 43-54.
5. Lee, J. W., Kim, J. E., Yook, H. S., Kang, K. O., Lee, S. Y., Hwang H. J., and Byun, M. W. (2001) *J. Food Prot.* 64, 272-276.
6. Schweigert, B. S. (1959) *Int. J. Appl. Radiat. and Isot.* 6, 164-165.
7. Toby, A. Ten, E., and Melissa, W. (2004) *The Social Sci. J.* 41, 29-41.