

쌀기반 이유식의 에너지 밀도 및 저장성 증대를 위한 최적 감마선 조사 선량

이유석¹ · 오상희¹ · 이주운¹ · 김장호¹ · 김재훈¹ · 김관수² · 김왕근³ · 변명우^{1*}

¹한국원자력연구소 방사선식품생명공학기술개발

²그린피아기술(주)

³과학기술부 원자력정책과

Optimum of Gamma Irradiation Dose for Rice-based Infant Foods with Improved Energy-density and Shelf-life

You-Seok Lee¹, Sang-Hee Oh¹, Ju-Woon Lee¹, Jang-Ho Kim¹, Jae-Hun Kim¹,
Kwan-Soo Kim², Wang-Geun Kim³ and Myung-Woo Byun^{1*}

¹Dept. of Radiation Food Science & Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea

²R&D Department, Greenpia Technology Inc., Gyeonggi 469-811, Korea

³Nuclear Policy Division, Ministry of Science & Technology, Gyeonggi 427-715, Korea

Abstract

This study was carried out to determine the optimum irradiation dose for infant foods with improved energy-density and extend shelf-life using gamma irradiation. Rice and rice porridge were irradiated at 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 15 and 20 kGy, and rheological characteristics and total plate count of porridge were evaluated for 6 weeks. Rice and rice porridge at 2.5 kGy dose reduced the viscosity with 22% and 98%, respectively. The result of total aerobic bacteria of non-irradiated rice porridge was 6 log CFU/g and that of 2.5 kGy irradiated rice porridge on 2 weeks storage was 3 log CFU/g, while that of 7.5 kGy irradiated sample was not detected even at the end of storage. Irradiation on rice-based porridge was proper to enhance the total solid in inverse proportion to considering viscosity and extend shelf-life. Gamma irradiation was effective technology in enhancing calorie value of porridge due to reduction of viscosity.

Key words: irradiation, energy-density, infant food, viscosity, shelf-life

서 론

전분 현탁액을 가열하면 입자가 수화되면서 본래 크기의 수배로 팽윤되고 입자의 복굴절성이 상실되고 혼합물의 투명도가 증가하며 점도가 급격히 증가하여 극대치에 이르는 데 이런 현상을 호화라 한다(1). 그러나 이러한 전분의 호화 시 나타나는 점도 증가에 의해 전분이 주요 성분인 탄수화물 식품의 경우 충분한 에너지를 공급할 수 없으므로 영양밀도가 높은 제품의 개발이 어려운 실정이다(2). 그러나 이러한 영양밀도가 높은 식품의 섭취는 소화기능이 미숙한 유아나 어린이, 노화로 인해 소화기능이 감퇴된 노인, 영양요구량이 높은 입산부나 환자, 성장기 어린이의 성장발육 촉진을 비롯한 건강증진에 효과적이므로 탄수화물 식품이 갖는 문제점을 해결하여 영양밀도가 높은 제품의 기술개발이 요구되고 있다(3). Ngoddy 등(4)은 약 50~100 g/L의 이유식을 제조하였을 때 유아기 어린이가 섭취하기에 적당한 점도를 나타내지만 어린이의 위용량을 고려하였을 경우 하루에 필요한 총

분한 에너지를 공급하기 위해서는 총고형분의 함량이 200 g/L가 되어야 한다고 보고하였다. 또한 면역력과 소화력이 약한 영유아기 및 노인기의 경우 난소화성 전분의 과량 섭취는 설사를 유발하게 되므로 미생물적으로 안전성이 확보되고 소화율이 증대된 식이의 공급이 중요하다(5).

지금까지 국내에 보고된 이유식 관련 연구는 조리방법과 급식계획(6) 및 시판이유식에 관한 품질검사(7,8)에 관한 연구가 대부분이었으며, 품질개선을 위한 연구는 가열·효소처리(9) 및 가교처리한 쌀가루의 이용(10), 냉동건조 이용 이유식(11)에 관한 보고가 있을 뿐이다. 한편, 미생물 살균을 목적으로 주로 이용되었던 감마선 조사기술은 최근 N-nitrosamine과 같은 독성물질 저감(12), 식품알러지 저하(13) 및 저염전장 생산(14)과 같은 새로운 분야에 감마선 조사기술을 적용시키려는 연구가 진행 중이며, 국외에서는 이유식의 원료 중 antinutrient 제거(15), 감마선 조사와 조리의 병용처리에 의한 점성 및 소화력 증대(16) 등과 같은 연구가 보고되고 있다. 그러나 아직 국내에서는 Yook 등(2)이 보고

*Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-42-868-8060, Fax: 82-42-868-8043

한 시판 분말죽에 대한 감마선 조사의 영향에 대한 연구만 있을 뿐 안전성과 영양학적 측면에서 우수한 이유식 개발을 위한 감마선 조사의 적용에 관한 연구가 매우 미비하며 국내 실정에 맞는 기술개발이 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 감마선 조사기술을 이용하여 에너지 밀도가 증대되고 미생물적으로 안전한 이유식 및 노인식의 공급을 위해 가장 기본이 되는 쌀미음의 방사선 조사 시기 및 최적 선량을 결정하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 쌀은 시중에서 구입하여 실온에 보관하면서 사용하였다.

감마선 조사 및 쌀미음의 제조

감마선 조사 시기와 선량에 따른 쌀미음의 물성 및 미생물적 영향을 조사하기 위해 쌀과 쌀미음에 각각 감마선을 조사하였다. 즉, 20°C에서 2시간 수침시킨 쌀을 가정용 믹서를 이용하여 1분 동안 마쇄시킨 후 총 고형분량이 80~150 g/1000 mL가 되도록 농도를 조정하고 가스버너에서 강한 불로 10분간 가열하여 실온으로 냉각시킨 후 100 mL씩 포장하였다. Co-60 감마선 조사시설(IR-79, Nordion International Ltd., Ontario, Canada, 100 kCi)을 이용하여 실온에서 시간당 5 kGy의 선량률로 각각 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10, 15, 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였고 20°C에 저장하면서 실험에 사용하였다. 또한 감마선 조사된 쌀을 이용하여 미음을 제조하였을 때 물성에 미치는 영향을 조사하기 위해 포장된 쌀을 감마선 조사 후 위와 동일한 방법으로 쌀미음을 제조하여 포장한 후 20°C에 저장하면서 실험에 사용하였다.

물성 측정

감마선 조사가 쌀미음의 물성특성치에 미치는 영향을 조사하기 위해 40°C를 유지하면서 Texture Analyser(TA-XT2i, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)로 측정하였다. 물성 측정 및 측정 후 얻어진 힘·시간 곡선으로부터 얻어진 결과해석은 Yook 등(2)의 방법을 인용하여 표시하였다. 즉, 본 실험에 사용된 probe는 back extrusion rig(∅ 45 mm)를 사용하였으며, 측정조건은 test speed 5.0 mm/s이며, 25%의 변형률로 압착하였다. 측정 후 곡선의 +영역에서 얻어지는 최대힘을 견고성(firmness)으로, +면적(g·s)을 점조성(consistency)으로, -영역에서 얻어지는 최대힘을 응집성(cohesiveness), -면적(g·s)을 유체저항(resistance to flow/viscosity)으로 나타내었다.

미생물 생육검사

제조된 쌀미음을 20°C에서 6주간 저장하면서 저장동안 총균수 생육을 검사하였다. 시료는 clean bench 내에서 멸균

nylon bag(10×15 cm, Sunkyung Co. Ltd.)에 쌀미음 10 g과 시료 중량의 9배 멸균 peptone수(0.1%, Difco Lab., Detroit, MI, USA)를 넣고 시험액으로 사용하였다. 총균수는 PCA(Plate Count Agar, Difco. Co., USA)에 일정수준 희석한 시험액을 도말하여 30°C 온도에서 48시간 배양하여 생성된 집락을 계수하였다. 미생물 수는 시료 1 g 당 colony forming unit(CFU)로 나타내었으며 검출을 위한 최소 계수 한계는 10¹ CFU/mL이었다.

통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, 10.0)를 이용하여 oneway ANOVA 분석후, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

감마선 조사 쌀미음의 물성 변화

감마선 조사 시기 및 선량에 따른 쌀미음의 물성의 변화는 Table 1과 같다. 원료인 쌀에 조사한 경우와 완제품인 쌀미음에 조사한 경우 모두 조사 선량이 증가할수록 견고성, 점조성, 응집성 및 점성이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 원료인 쌀에 2.5 kGy, 20 kGy 선량으로 감마선 조사하여 제조한 쌀미음의 응집성은 비조사구에 비해 각각 49%, 80%의 감소율을 나타내었으나, 쌀미음에 조사한 조사구의 경우 같은 선량에서 각각 83%, 90%의 감소율을 나타내었다. 즉, 완제품인 쌀미음에 2.5 kGy로 감마선 조사하는 경우 원료인 쌀에 20 kGy의 선량으로 조사하는 것보다 더 높은 감소율을 나타내었다. 탄수화물 식품의 에너지 밀도를 증대시키는데 있어 가장 문제시되는 점성 또한 감마선 조사시기에 따라 감소율 정도가 크게 다른 것으로 관찰되었다. 즉, 쌀에 2.5 kGy, 20 kGy 선량으로 조사하여 제조한 쌀미음의 경우 비조사구에 비해 각각 22%, 97%의 점성 감소율을 나타내었지만, 쌀미음에 조사한 경우 같은 선량에서 각각 98%, 99.6%의 감소율을 나타내었다. 일반적으로 감마선 조사에 의한 다양한 변화는 radiolysis에 의해 생성되는 free radical에 의한 것으로 알려져 있으며, 또한 이로 인해 고분자의 전분이 de-polymerization되어 저분자량의 화합물 형성이 유도된다(17). 따라서 감마선 조사시 시료의 수분 함량에 따라 나타나는 효과가 다르며, 이는 감마선 조사에 의해 생성되는 ·H와 ·OH radical에 영향을 받기 때문이다. 일반적으로 동일한 선량으로 조사하는 경우 수분함량이 높을수록 나타나는 이 화학적 현상뿐만 아니라 미생물의 제어 효과가 현저히 증가하는 것으로 알려져 있다(18). 따라서 본 연구에서 원료인 쌀과 완제품인 쌀미음에 감마선을 조사하여 이와 같은 물성 감소율에 차이를 나타내는 것은 감마선 조사시 시료에 존재하는 수분함량에 의한 것으로 사료된다. 이러한 결과는 탄수화물 식품의 에너지 밀도를 증대시키는데 있어 가장 문제시

Table 1. Effect of irradiation on traditional rice porridge texture parameters (conc. 8%)

Sample	Irradiation dose (kGy)	Firmness (g)	Cohesiveness (g)	Consistency (g · s)	Viscosity (g · s)
Postcooked ³⁾	0.0	153.5 ^{a1)}	-125.7 ^c	620.0 ^a	-340.3 ^d
	2.5	73.7 ^b	-64.4 ^b	315.5 ^b	-264.9 ^c
	5.0	42.9 ^c	-31.8 ^a	166.9 ^c	-53.7 ^b
	7.5	38.9 ^d	-30.7 ^a	146.2 ^{cd}	-25.7 ^a
	10.0	36.7 ^d	-30.1 ^a	133.8 ^d	-19.7 ^a
	15.0	30.0 ^e	-26.7 ^a	102.5 ^e	-14.3 ^a
	20.0	27.9 ^e	-25.1 ^a	91.1 ^e	-9.8 ^a
	SEM ²⁾	1.47	2.46	8.41	4.71
Precooked ⁴⁾	0.0	183.9 ^a	-148.8 ^d	657.3 ^a	-366.3 ^c
	2.5	32.3 ^b	-25.1 ^c	84.3 ^b	-7.5 ^b
	5.0	24.6 ^b	-21.1 ^{bc}	58.9 ^c	-3.7 ^a
	7.5	23.4 ^b	-19.9 ^{abc}	54.1 ^c	-2.8 ^a
	10.0	24.7 ^b	-17.9 ^{ab}	54.8 ^c	-2.7 ^a
	15.0	24.0 ^b	-17.3 ^{ab}	53.9 ^c	-1.6 ^a
	20.0	26.5 ^b	-14.8 ^a	49.3 ^c	-1.3 ^a
	SEM	3.75	2.45	9.17	1.15

¹⁾Different letters (a~e) within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

²⁾SEM: Standard error of the mean (n=21).

³⁾Rice porridge was made by irradiated rice.

⁴⁾Rice porridge of cooking followed by irradiation.

되는 점성을 감마선 조사기술을 이용하여 해결하기 위해서는 완제품인 쌀미음에 감마선을 조사하는 것이 저선량의 조사선량에서 최대의 효과를 얻을 수 있음을 시사하는 바이다.

미생물 생육검사

원료인 쌀에 감마선 조사하여 제조한 쌀미음을 20°C에 보관하면서 경시적으로 측정된 총균수는 Table 2와 같다. 쌀에 감마선을 조사하여 제조한 쌀미음의 경우 조사 선량에 관계없이 비조사구와 유사한 미생물 생육 경향을 나타내었으며 저장 2~4주 후 모두 부패에 의해 가식성이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 쌀에 감마선 조사 후 쌀미음을 제조하는 과정 중 조리 기구, 포장재 및 조리환경에서의 2차오염에 의한 결과인 것으로 사료된다. 감마선 조사에 의해 미생물적 안전성을 확보하기 위해 완제품인 쌀미음에 감마선을 조사하여 20°C에 보관하면서 경시적으로 측정된 총균수는 Table 3과 같다. 비조사구의 경우 저장 1주 후 6 log cycle까지 증가하였으며 2주 후에는 부패가 진행되었으나 완제품에 2.5 kGy 선량으로 감마선 조사한 경우 저장 4주까지 5 log cycle 수준

을 유지하였으며 7.5 kGy 이상의 조사선량에서는 저장 6주 까지 미생물의 생육이 검출되지 않았다. Solberg 등(19)에 의하면 ready-to-eat 형태의 식품에 있어서 총균수가 10^5 이하인 상태를 안전수준이라고 하였으나 섭취대상이 유아인 경우에는 반드시 안전한 제품이라고 결론지을 수 없을 것이다. Min 등(8)은 국내 유통중인 이유식의 미생물을 검사한 결과, 냉장보관 14일째부터 모든 시료에서 미생물이 검출되기 시작하여 이유식 제조시 각별한 위생처리가 요구됨을 지적하였다. 따라서 감마선 조사에 의한 쌀미음의 보존 중 일반세균의 생장을 유의적으로 억제하고 7.5 kGy 조사구에서는 완전 사멸 수준으로 제어할 수 있어 유아식의 위생성 향상에 유용한 수단으로 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

원료인 쌀에 감마선을 조사하여 제조하는 경우 조리 및 포장 과정과 같은 2차 오염에 노출될 우려가 있지만 완제품인 쌀미음에 조사하는 경우는 이러한 2차 오염의 가능성을 배제할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 수분함량이 높을수록 D_{10} 값이 낮아 감마선 조사시 수분함량에 따른 미생물의 제어

Table 2. Total aerobic bacteria of rice porridge made of irradiated rice during storage at 20°C (log CFU/g)

Irradiation dose (kGy)	Storage period (weeks)				
	0	1	2	4	6
0.0	5.7±0.02 ¹⁾	6.2±0.02	- ²⁾	-	-
2.5	3.2±0.03	5.7±0.02	4.9±0.02	-	-
5.0	3.1±0.06	6.0±0.03	-	-	-
7.5	4.5±0.01	6.7±0.04	6.2±0.06	-	-
10.0	5.2±0.04	5.6±0.01	6.3±0.03	-	-
15.0	3.2±0.03	4.8±0.02	6.8±0.01	-	-
20.0	4.3±0.02	5.6±0.03	-	-	-

¹⁾Mean ± standard deviation.

²⁾Bar indicates no determination due to spoilage.

Table 3. Growth of total aerobic bacteria of irradiated rice porridge during storage at 20°C (log CFU/g)

Irradiation dose (kGy)	Storage period (weeks)				
	0	1	2	4	6
0.0	4.9±0.04 ¹⁾	6.2±0.06	- ²⁾	-	-
2.5	N.D ³⁾	3.2±0.06	4.1±0.02	5.2±0.03	-
5.0	N.D	N.D	N.D	3.8±0.02	4.1±0.03
7.5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
10.0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
15.0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
20.0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

¹⁾Mean±standard deviation.

²⁾Bar indicates no determination because of spoilage.

³⁾Not detected within the detection limit<10¹ CFU/g.

효과도 현저히 다른 것으로 알려져 있다(18). 즉, 완제품인 쌀미음에 감마선을 조사하는 경우 수분함량이 높아 저선량에서도 미생물 제어에 큰 효과를 나타낼 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 감마선 조사에 의한 ready-to-eat 형태의 이유식의 조제를 위해서는 저선량에서도 충분한 에너지 밀도를 높일 수 있으며, 미생물 제어 효과가 뛰어난 완제품 상태에서의 감마선 조사가 바람직할 것으로 사료된다.

농도에 따른 물성 변화

감마선 조사에 의한 ready-to-eat 형태의 이유식을 조제하기 위해서는 동일선량에서의 점성감소와 미생물적인 측면을 고려하였을 때 완제품인 쌀미음에 조사하는 것이 효과적인 것으로 사료되었다. 따라서 감마선 조사 선량에 따른 완제품 쌀미음의 에너지 밀도 증대 정도를 확인하기 위해 고형분 함량을 증대시켜 농도와 감마선 조사선량에 따른 물성 변화 및 에너지 밀도 증대량을 확인하였다(Fig. 1). 고형분

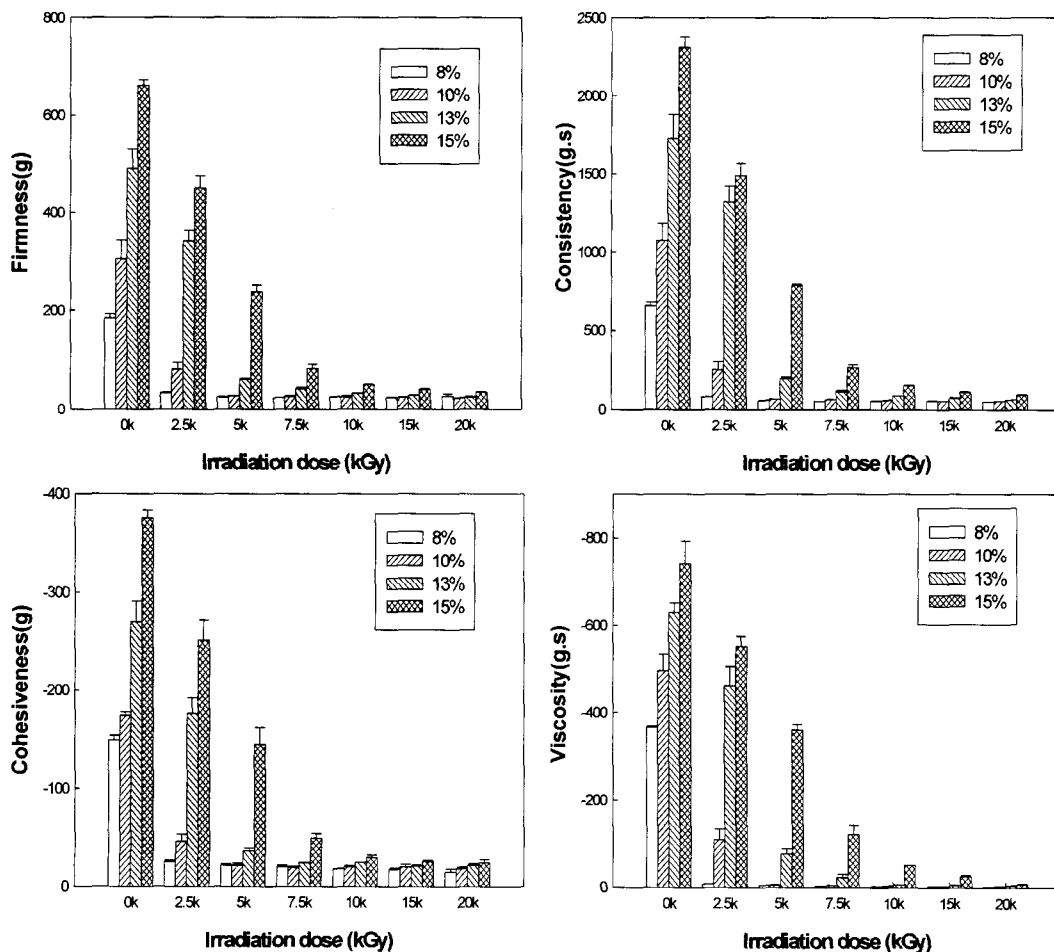


Fig. 1. Changes of texture parameters of rice porridge irradiated at various doses and concentration.

함량이 증가할수록 비조사구와 조사구에서 모두 유의적으로 견고성, 점조성, 응집성 뿐만 아니라 점성이 증가하였다. 특히, 점성의 경우 2.5 kGy 조사구의 경우 8%로 제조한 쌀미음의 비조사구와 유사한 점성을 갖는 농도는 약 10~13%인 것으로 측정되었다. 또한 8% 비조사구의 점성이 $-366.3 \text{ g} \cdot \text{s}$ 이었으며, 5 kGy 조사구의 경우 15%의 농도에서 $-360.6 \text{ g} \cdot \text{s}$ 로 비조사구와 유사한 물성을 나타내어 약 2배의 쌀고형분 함량을 증대시킬 수 있을 것으로 측정되었다. 따라서 고형분 함량을 증대시켜 에너지 밀도가 높은 이유식을 제조하는데 있어 가장 큰 문제점으로 지적되었던 점도의 증대는 감마선 조사 기술 공정을 도입하여 해결할 수 있을 것이다. Yook 등 (2)은 시중에 판매중인 분말죽을 10 kGy로 조사하는 경우 최대 30 kcal의 열량증대의 가능성을 보고하였는데, 본 연구 결과 완제품 상태로 감마선을 조사하는 경우 이보다 더 높은 열량증대가 가능할 것으로 사료된다. 또한 이러한 결과는 이유식 뿐만 아니라 다양한 부재료의 첨가에 의해 환자식, 노인식 및 다양한 축제품의 개발 가능성을 시사하는 바이다.

요 약

본 연구에서는 방사선 조사 기술을 이용하여 에너지 밀도가 증대되고 미생물학적으로 안전한 이유식의 공급을 위해 쌀미음의 적절한 방사선 조사 시기 및 선량을 결정하였다. 쌀과 쌀미음에 각각 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 15, 20 kGy로 감마선 조사한 후 물성특성과 총균수를 측정하였다. 쌀과 쌀미음에 2.5 kGy 선량으로 감마선 조사하는 경우 점성이 각각 22%, 98%로 감소하였다. 저장 2주째 비조사구의 총균수는 6 log CFU/g이었으나, 2.5 kGy 조사구의 경우 3 log CFU/g 수준을 유지하였으며 7.5 kGy 조사구의 경우 저장기간 동안 어떠한 미생물도 검출되지 않았다. 따라서 총고형분 함량을 증대시키기 위해서는 점성저하와 미생물학적인 측면을 고려하여 쌀미음 상태에서 감마선 조사하는 것이 적절할 것으로 사료되며, 이유식의 에너지밀도를 증대시키기 위한 기술의 일환으로 감마선 조사 기술의 이용가능성을 시사하는 바이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Faulks RM, Bailey AL. 1990. Digestion of cooked starches from different food sources by porcine α -amylase. *Food Chemistry* 36: 191-203.
- Yook HS, Lee YS, Lee JW, Oh SH, Kim JH, Kim DS, Byun MW. 2004. Textural and sensory characteristics of gamma irradiated porridges. *Korean J Soc Food Sci* 33: 427-432.
- Zhang M, Duan ZH, Huan YJ, Tao Q. 2003. Preparation technology for semi-fluid high-energy food. *Journal of Food Engineering* 59: 327-330.
- Ngoddy PO, Nout MJR, Nche PF, van Zulichem J, Stolp W. 1994. Optimization strategies for weaning formula development for tropical areas. In *Food Science and Technology: Challenges for Africa towards the year 2000*. Marovatsanga LT, Taylor JRN, eds. CTA, Wageningen, p 191-214.
- Son JH, Chyun JH. 2001. Comparative analysis of satisfaction level on hospital foods in elderly and middle aged patients. *Korean J Dietary Culture* 16: 442-450.
- Min SH, Sohn KH, Lee YM. 1993. Recipes for the supplementary foods and monthly feeding plants for infants. *Korean J Soc Food Sci* 9: 312-316.
- Choi JC, Lee SW. 1992. Comparative studies on domestic weaning foods. *Korean J Dairy Sci* 14: 77-85.
- Min SH, Sohn KH, Yoon S. 1993. Development of the supplementary foods for infants using Korean foods. -Safety storage assay and sensory evaluation of the supplementary foods for infants-. *Korean J Soc Food Sci* 9: 105-108.
- Choi JS, Sohn KH. 1997. Physicochemical properties of modified rice powder for rice-based infant foods I. Thermal-enzymatic treatment on rice powder. *Korean J Dietary Culture* 12: 375-382.
- Choi JS, Sohn KH. 1997. Physicochemical properties of modified rice powder for rice-based infant foods III. Acetylated-cross linkage treatment on rice powder. *Korean J Dietary Culture* 12: 469-475.
- Kim KO, Choi HJ. 1995. Optimization of the preparation of rice-based infant foods using freeze drying process. *Korean J Food Sci Technol* 27: 680-689.
- Ahn HJ, Yook HS, Rhee MS, Lee CH, Cho YJ, Byun MW. 2002. Application of γ -irradiation on breakdown of hazardous volatile N-nitrosamines. *J Food Sci* 67: 596-599.
- Lee JW, Kim JH, Yook HS, Kang KO, Lee SY, Hwang HJ, Byun MW. 2001. Effects of γ -irradiation on the allergenic and antigenic properties of milk proteins. *J Food Prot* 64: 272-276.
- Byun MW, Lee KH, Kim DH, Kim JH, Yook HS, Ahn HJ. 2000. Effects of γ -irradiation on sensory qualities, microbiological and chemical properties of salted and fermented squid. *J Food Prot* 63: 934-939.
- Duodu KG, Minnaar A, Taylor JRN. 1999. Effect of cooking and irradiation on the labile vitamins and antinutrient content of a traditional African sorghum porridge and spinach relish. *Food Chemistry* 66: 21-27.
- Rombo GO, Taylor JRN, Minnaar A. 2001. Effect of irradiation, with and without cooking of maize and kidney bean flours, on porridge viscosity and in vitro digestibility. *J Sci Food Agric* 81: 497-502.
- Sokhey AS, Hanna MA. 1993. Properties of irradiated starches. *Food Structure* 12: 397-410.
- Kume T, Ito H, Soedarman H, Ishigaki I. 1989. Radiosensitivity of toxigenic *Aspergillus* isolated from spices and destruction of aflatoxins by gamma-irradiation. *Int J Radiat Appl Inst* 34: 973-978.
- Solberg M, Buckaler JJ, Chen CM, Schffner DW, O'Neill K, McDowell J, Post LS, Boderck M. 1990. Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Tech* 44: 68-71.

(2004년 2월 20일 접수; 2004년 4월 23일 채택)