

## 우주식품 개발을 위한 건조 쌀밥의 품질 평가

박재남<sup>1,2</sup> · 송범석<sup>1</sup> · 한인준<sup>1</sup> · 김재훈<sup>1</sup> · 윤요한<sup>1</sup> · 최종일<sup>1</sup> · 변명우<sup>1</sup> · 손희숙<sup>2</sup> · 이주운<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국원자력연구원 정음방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀  
<sup>2</sup>전북대학교 식품영양학과

### Quality Evaluation of Dried Cooked Rice as Space Food

Jae-Nam Park<sup>1,2</sup>, Beom-Seok Song<sup>1</sup>, In-Jun Han<sup>1</sup>, Jae-Hun Kim<sup>1</sup>, Yo-Han Yoon<sup>1</sup>,  
Jong-Il Choi<sup>1</sup>, Myung-Woo Byun<sup>1</sup>, Hee-Sook Sohn<sup>2</sup>, and Ju-Woon Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute,  
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science & Human Nutrition, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea

#### Abstract

This study was conducted to investigate the rehydration properties and the sensory quality of sun-dried (SD), hot-air dried (HD), and freeze-dried (FD) cooked rice as space food. Rehydration ratio of HD and FD were significantly higher than those of SD, but there was no significant difference between HD and FD ( $p < 0.05$ ). A cross section of SD showed the smooth surface without any cavities. While HD showed large cavities, many small air cells in FD were observed by a scanning electronic microscope. Stickiness/hardness ratio of HD was similar to that of FD and significantly higher than SD ( $p < 0.05$ ). Also, sensory properties of HD and FD were significantly higher than those of SD, but there were no differences between HD and FD ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** cooked rice, space food, rehydration, drying, quality

#### 서 론

교육과학기술부는 2008년 한국인 최초 우주비행사를 국제우주정거장(International Space Station, ISS)에 보내는 사업을 성공적으로 수행하였다. 인간이 우주공간에서 임무를 수행할 경우 심리적 안정감이 가장 중요하며 심리적 안정감에 영향을 크게 미치는 것 중 하나가 식품이라 말할 수 있다(1,2). 1960년대 이래 우주 개발 선진국들은 자국 우주비행사의 심리적 안정감과 만족감을 향상시키기 위해 자국의 다양한 식품들을 개발하고 개선해 왔다(3). 또한 우주식품은 온도 변화가 심한 우주선내에서 장기간 보관과 운송비용 등 그 특성상 가벼운 식품이 유리하여 대부분 건조된 형태로 개발되어 왔다(4,5). 우주선내 무중력으로 낮은 기압 상태이므로 제공되는 물의 온도가 약 70°C이므로 따뜻한 물에서 빠른 시간에 건조식품을 복원시키는 기술이 우주식품의 핵심 기술이라 할 수 있다(6,7).

한편, 우리나라의 주식작물이면서 전채농업 생산의 40%를 차지하는 쌀(*Oryza sativa*, 米)은 가공식품의 원재료로서 많이 사용되어 왔으며, 최근에도 이를 이용한 새로운 가공식품 개발에 대한 다양한 시도가 진행되고 있다(8,9). 쌀밥에

대한 대부분의 연구는 열풍건조 쌀밥의 품질 및 재수화 특성을 평가한 연구와 동결 및 자연건조에 따른 쌀밥의 품질 및 복원성에 관한 연구가 보고되었다(10-13). 이밖에도 쌀밥의 건조 방법 및 복원특성에 대한 연구는 상당수 이루어져 있다(14-16). 그러나 우주선에서 제공되는 70°C의 물로 건조쌀밥들을 복원시킨 후 이들의 복원특성과 품질의 변화를 비교 평가하여 건조쌀밥을 우주식으로의 가능성을 검토하고 아울러 가장 적합한 건조방법을 탐색하고자 시도된 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우주에서 제공되는 70°C 물로 천일 건조, 열풍건조 및 동결건조 된 쌀밥을 복원하고 이의 복원율, 조직변화, 텍스처 및 관능적 품질을 비교 평가하여 우주식품으로서 건조쌀밥의 개발 가능성을 확인하고 품질특성을 이해하고자 하였으며 나아가 건조방법별 건조쌀밥의 품질에 관한 기초연구의 하나로 수행되었다.

#### 재료 및 방법

##### 샘플 제조

쌀밥의 제조는 2007년에 전라북도에서 수확한 동진벼

\*Corresponding author. E-mail: sjwlee@kaeri.re.kr  
Phone: 82-63-570-3204, Fax: 82-63-570-3207

(*Oryza sativa*)를 농협에서 구입하여 사용하였다. Lee 등 (17)이 제시한 방법에 따라 쌀 200 g을 5배 물로 가볍게 4회 수세하고 증류수 260 mL를 가하여 실온에서 1시간 수침시킨 후 전기밥솥(model RJ-0570, LG Co., Seoul, Korea)에 취반하였다. 천일건조 쌀밥의 경우 취반미 200 g을 각각  $15 \pm 0.5$  g 씩 Petri dish에 담아 통풍이 잘 되는 곳에서 3~4 일 동안 수분이  $9.0 \pm 1.0\%$  이하가 되도록 일광( $28 \sim 38^\circ\text{C}$ )에 노출시켜 건조하였다. 열풍건조 쌀밥의 경우 Choi(8)가 제시한 방법에 따라 smokehouse(Pilot smoke house, Hyupjin Machinery Inc., Ansan, Korea)를 이용하여 제조하였다. 즉, 취반된 쌀밥  $15 \pm 0.5$  g 씩 Petri dish에 담은 후  $150^\circ\text{C}$ 에서 풍속 5 m/sec로써 5분간 고온 건조한 다음 후기에는  $90^\circ\text{C}$ 에서 풍속 2 m/sec로 수분함량  $9.0 \pm 1.0\%$  이하까지 건조시켰다. 동결건조 쌀밥의 제조는 취반된 쌀밥을  $15 \pm 0.5$  g 씩 Petri dish에 담은 후  $-70^\circ\text{C}$ 의 냉동고(model 917, Forma Scientific Inc., Ohio, USA)에 5시간 동안 동결시킨 후 동결건조기(model FD-5505P, Ilshinlab Co., Seoul, Korea)를 이용하여 수분함량이  $9.0 \pm 1.0\%$  이하까지 건조시켰다.

#### 복원율

시료의 복원율은 국제우주정거장에서 제공되는 따뜻한 물의 온도가 약  $70^\circ\text{C}$ 인 것을 감안하여 향온수조(model SX-10R, Taitec Co., Tokyo, Japan)내에 온도를  $70^\circ\text{C}$ 로 유지한 후 시료 5 g과 충분한 양의  $70^\circ\text{C}$  증류수 40 mL를 50 mL falcon tube에 넣고 뚜껑을 닫은 후 30분 동안 5분 간격으로 복원율을 측정하였다. 5분 간격으로 쌀밥을 꺼내어 여과지 위에 조직이 상하지 않도록 굴리면서 표면수를 제거한 후 제거된 밥의 무게를 측정하여 건조 전 시료의 중량에 대한 복원 후 시료의 중량 백분율을 복원율로 나타내었다.

$$\text{복원율} = \frac{\text{건조 전 시료의 중량} - \text{복원 후 시료의 중량}}{\text{건조 전 시료의 중량}} \times 100$$

#### 미세구조 관찰

시료의 표면과 절단면을 약  $0.3 \times 0.3$  cm 크기로 잘라낸 후 Carbon Coater(108-CA, Jeol Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 gold 코팅하였다. 시료 조직의 현미경적 구조는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope JSM-6335F, Jeol Co.)을 이용하여 10 kV의 가속전압 관찰하였다.

#### 조직감

복원된 시료 15 g을 원형틀( $4.0 \times 1.5$  cm)에 담아 성형한 후 Texture Analyser(TA-XY2i, Stable Micro System Co., Ltd., Surrey, England)를 이용하여 측정하였다. 측정조건은 plastic plunger(Cylinder type, 1.0 cm diameter)를 사용하여 3 mm/sec의 test speed와 50% deformation ratio 하에서 2회 반복압착시험을 하여 texture profile analysis 곡선을 얻었다. 이 곡선을 이용하여 경도(hardness)와 점착성(stickiness)의 값을 구하였으며 이들의 값을 이용하여 점착성과

경도의 비(stickiness/hardness, S/H)를 구하였다.

#### 관능평가

관능검사에 사용된 시료는 30분간 복원시킨 건조 쌀밥을 사용하였으며 대조구의 경우 취반된 쌀밥을 사용하였다. 관능검사를 위한 panel은 미리 훈련된 10인을 대상으로 하였으며 나이·성별 등을 기록하고 각 시료는 물컵, 시료를 벨는 컵, 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였으며, 검사 중의 영향을 최소화하기 위해 total session은 10~12분으로 정하였다. 이때의 평가항목은 씹힘성(chewiness), 경도(hardness), 외관(appearance), 맛(taste), 향(flavor), 종합적인 기호도(overall acceptability)에 대하여 7점 척도법으로 평가하였다. 이때 매우 좋아한다(강하다): 7점, 좋지도 싫지도 않다: 4, 매우 싫어한다(약하다): 1점이었다.

#### 통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과는 Statistical Package for Social Sciences 10.0(18)를 이용하여 one way ANOVA 분석을 하였으며 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$  수준에서 비교하였다.

## 결과 및 고찰

#### 복원율 변화

제조 방법이 다른 건조 쌀들을  $70^\circ\text{C}$  향온수조에서 30분 동안 5분 간격으로 복원시킨 후 측정된 복원율을 Fig. 1에 나타내었다. 천일건조 쌀밥의 경우 복원 30분에 64.3%의 최대 복원율을 보인 반면 열풍건조 및 동결건조 쌀밥의 경우 복원 20분 후 각각 89.3 및 88.1%로 최대 복원율이 나타났으며 두 실험구간 유의적 차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 또한 천일건조 쌀밥의 경우 30분 동안 계속해서 수분을 흡수하는 것으로 나타나 수분평형에 도달하는 시간이 30분 이상 걸리는 것으

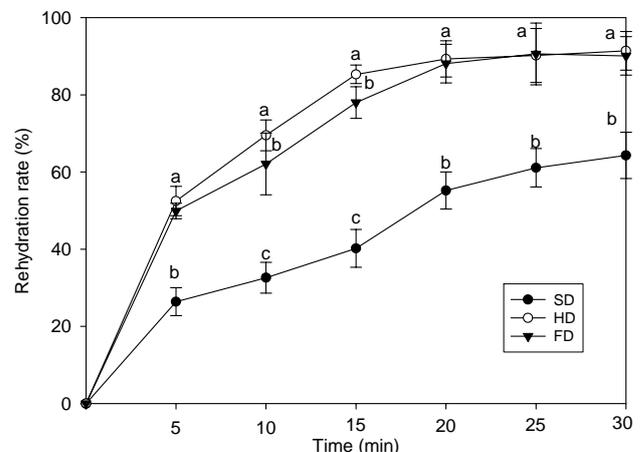


Fig. 1. Rehydration rate of dried cooked rice in water at  $70^\circ\text{C}$ . SD: sun-dried cooked rice, HD: hot-air dried cooked rice, FD: freeze-dried cooked rice. <sup>a-c</sup>Values with different letters within a column differ significantly ( $p < 0.05$ ).

로 나타났다. 이에 비해 열풍건조 쌀밥과 동결건조 쌀밥의 경우 수분평형에 도달하는 시간이 20분 전후로 나타났다. 이처럼 열풍건조 및 동결건조 된 쌀밥의 복원성이 천일건조 쌀밥에 비해 뛰어난 것은 이들 쌀밥의 외부층이 다공적 (porous) 조직을 이루고 있어 모세관 현상에 의하여 수분이 쉽게 침투되어(19) 복원시간이 짧아진 것으로 판단하였다 (Fig. 2). 따라서 가공품으로의 이용에 있어 천일건조 쌀밥보다 열풍건조 및 동결건조 쌀밥이 복원을 측면에서 보다 좋은 것으로 사료되었다.

#### 미세구조 관찰

제조 방법이 다른 건조 쌀들의 미세구조를 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 천일건조 쌀밥의 경우 망상구조가 보이지 않았으며 기공(air cell)의 형성 또한 거의 관찰되지 않았다. 이처럼 천일건조 쌀밥에는 전분 겉층이 두껍게 형성되어 있고 기공이 거의 없어 복원율이 낮은 것으로 판단되었다. 열풍건조 쌀밥의 경우 내부의 기공이 크게 형성된 것을 관찰할 수 있었다. 이는 열풍건조 쌀밥의 제조 공정에 기인한 것으로 열풍건조 시 쌀밥의 조직 외부가 경화되고 조직 내의 수분이 기화되면서 기공이 생기는 공극현상 때문인 것으로 판단되었다(20,21). 반면, 쌀을 호화시킨 다음  $-70^{\circ}\text{C}$ 로 동결 후 건조된 동결건조 쌀의 경우 망상구조가 두 종류의 건조 쌀보다 균일하게 형성되어 있었으며 기공 또한 가장 많이 형성되어 있었다. 기공의 형태와 복원율에 대한 상관관계는 명확하지 않으며, Fig. 1에서 나타나있듯 동결건조 쌀밥은 열풍건조 쌀밥에 비하여 초기에는 약간 낮은 복원율을 보이지만 20분 후에는 거의 같은 복원율을 보였다.

#### 텍스처 측정

제조방법이 다른 건조 쌀들을  $70^{\circ}\text{C}$  항온수조에서 30분 동안 복원시킨 후 측정된 조직감을 Table 1에 나타내었다. Okabe(22)는 밥맛은 경도와 점착성의 비율이 중요하며 점착성과 경도의 비(stickiness/hardness: S/H)가 0.15~2.0일 때 쌀밥의 sensory balance가 가장 좋다고 보고하였다. 또한 Yau와 Huang의 연구(23)에서도 S/H가 적절한 균형을 이룰 때 식미가 바람직하다고 보고하였다. Kim 등(24)의 경우 역시 쌀의 식미는 S/H에 영향을 받으며 기본적으로 경도에 의해 좌우된다고 보고하였다. 본 연구에서는 건조 후 복원시킨 쌀밥의 S/H를 취반된 쌀밥(대조구)의 S/H와 비교하였다. 그 결과 실험구 모두 대조구에 비해 경도, 점착성, S/H가 각각 유의적으로 낮게 나타났다. 경도의 경우 열풍건조 및 동결건조 쌀밥이 천일건조 쌀밥에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며, 점착성의 경우 열풍건조 및 동결건조 쌀밥이 천일

Table 1. Textural properties of dried cooked rice after rehydration in water for 30 min at  $70^{\circ}\text{C}$

Attributes	Sample <sup>1)</sup>			
	Control	SD	HD	FD
Hardness	315.8±48.7 <sup>3)a4)</sup>	130.7±18.8 <sup>b</sup>	100.4±20.1 <sup>c</sup>	103.6±14.2 <sup>c</sup>
Stickiness	43.6±15.0 <sup>a</sup>	3.7±1.9 <sup>b</sup>	9.8±2.9 <sup>c</sup>	9.9±1.5 <sup>c</sup>
S/H <sup>2)</sup>	0.138±0.08 <sup>a</sup>	0.028±0.01 <sup>b</sup>	0.098±0.03 <sup>c</sup>	0.095±0.05 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Control: Undried cooked rice. Abbreviation are the same as in Fig. 1.

<sup>2)</sup>Stickiness/Hardness.

<sup>3)</sup>Value±standard deviation (n=3).

<sup>4)</sup>Values with different letters within a row differ significantly ( $p<0.05$ ).

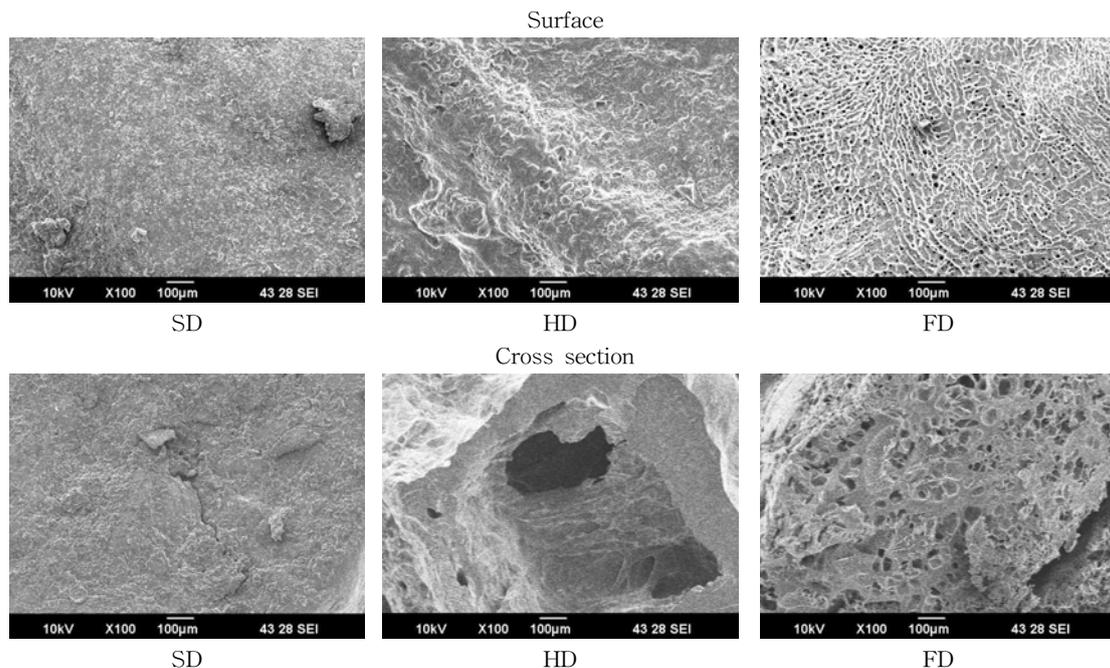


Fig. 2. Scanning electron microphotographs of dried cooked rice prepared by sun-drying (SD), hot-air drying (HD), and freeze-drying (FD). Abbreviation are the same as in Fig. 1.

Table 2. Sensory characteristics of cooked rice after rehydration in water for 30 min at 70°C

Sample <sup>1)</sup>	Attributes					
	Chewiness	Hardness	Appearance	Taste	Flavor	Overall acceptability
Control	6.3±0.3 <sup>2)a3)</sup>	6.0±0.6 <sup>a</sup>	6.2±0.2 <sup>a</sup>	6.0±0.4 <sup>a</sup>	6.2±0.4 <sup>a</sup>	6.2±0.3 <sup>a</sup>
SD	3.5±0.5 <sup>c</sup>	3.4±0.3 <sup>d</sup>	3.4±0.6 <sup>c</sup>	3.0±0.2 <sup>c</sup>	3.4±0.4 <sup>c</sup>	4.0±0.2 <sup>c</sup>
HD	4.5±0.4 <sup>b</sup>	4.0±0.2 <sup>c</sup>	5.0±0.7 <sup>b</sup>	4.9±0.5 <sup>b</sup>	4.6±0.5 <sup>b</sup>	4.8±0.5 <sup>b</sup>
FD	4.4±0.3 <sup>b</sup>	4.6±0.4 <sup>b</sup>	5.2±0.3 <sup>b</sup>	5.0±0.3 <sup>b</sup>	4.8±0.3 <sup>b</sup>	5.0±0.3 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Control: Undried cooked rice. Abbreviation are the same as in Fig. 1.

<sup>2)</sup>Value±standard deviation (n=10).

<sup>3)</sup>Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

건조 쌀밥에 비해 유의적으로 높게 나타났(p<0.05). 또한 S/H는 대조구의 경우 0.138이었으며 열풍건조 쌀밥, 동결건조 쌀밥, 천일건조 쌀밥이 각각 0.098, 0.095 및 0.028로 나타나 천일건조 쌀밥의 sensory balance가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이처럼 건조쌀밥의 sensory balance가 대조구에 비해 낮게 나타난 것은 쌀밥을 동결건조 후 복원하는 과정 중 필연적으로 나타나는 이력현상(hysteresis) 등의 영향인 것으로 사료되었다(25,26).

#### 관능평가

건조 쌀밥 시료들을 70°C 항온수조에서 30분 동안 복원시킨 후 관능평가 결과를 Table 2에 나타내었다. 씹힘성(chewiness)의 경우 천일건조 쌀밥에 비해 다른 두 종류의 건조 쌀이 다소 높은 점수를 보였지만, 대조구에 비해 유의적으로 낮은 점수를 보였다(p<0.05). 열풍건조 쌀밥과 동결건조 쌀밥의 기계적 경도(hardness)는 서로 차이가 없는 것으로 나타났지만 관능평가를 통한 경도 측정 결과 동결건조 쌀밥이 열풍건조 쌀밥에 비해 유의적으로 높았다(p<0.05). 그러나 이를 설명하기 위한 기계적 경도와 관능적 경도의 상호관계는 아직 명확하지 않다. 한편, 외관(appearance), 맛(taste) 및 향(flavor)의 경우 천일건조 쌀밥의 기호도가 가장 낮은 것으로 나타났으며 열풍건조 쌀밥과 동결건조 쌀밥 간에는 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(p<0.05). 종합적 기호도(overall acceptability)의 경우 동결건조 쌀밥과 열풍건조 쌀밥이 천일건조 쌀밥에 비해 높은 점수를 보였고 동결건조 쌀밥 및 열풍건조 쌀밥 간 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다(p<0.05). 이상의 결과를 종합하여 볼 때 입안에서의 조직감은 동결건조 쌀밥과 열풍건조 쌀밥은 천일건조 쌀밥에 비해 유의적으로 높았으나 두 실험구간의 차이는 없었다(p<0.05).

#### 요 약

본 실험에서는 쌀밥을 우주식품으로 활용하기 위해 천일건조, 열풍건조 및 동결건조 된 쌀밥의 복원특성 및 관능적 품질평가를 비교평가 하였다. 열풍건조와 동결건조 쌀밥의 복원율은 천일건조 쌀밥 보다 유의적으로 높았으나 두 실험구 간의 유의적 차이는 없었다(p<0.05). 전자현미경을 통한

단면관찰에서 천일건조 쌀밥은 기공이 없는 매끈한 표면을 나타내었고 열풍건조 쌀밥은 큰 기공을 가지는 반면에 동결건조 쌀밥은 다공성의 조직을 나타내었다. 열풍건조 쌀밥의 S/H는 동결건조 쌀밥과 유사하였으며 천일건조 쌀밥보다 유의적으로 높았다(p<0.05). 또한 관능적 선호도 역시 열풍건조와 동결건조 간 유의적 차이는 없었다(p<0.05).

#### 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 및 한국과학재단의 연구비 지원을 받아 2009년도 원자력연구개발사업과(20090062179) 한국원자력연구원 Top Brand Project 사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

#### 문 헌

- Lane HW, Schoeller DA. 1999. Overview: History of nutrition and spaceflight. In *Nutrition in Spaceflight and Weightlessness Models*. Lane HW, Schoeller DA, eds. CRC press, New York. p 8-10.
- Holland AW, March RW. 1994. Psychological and psychiatric considerations. In *Space Physiology and Medicine*. Nicogossian AE, Huntoon CL, Pool SL, eds. Lea and Febiger Publisher, Philadelphia. p 424-434.
- NASA. 2003. Advanced Food Technology Workshop Report (Vol. I). In *Advanced Life Support Project Plan*. CTSD-ADV-348 Rev C, JSC-29993, Houston. p 1-2.
- Heighdelbaugh ND. 1966. Space flight feeding concepts: characteristics, concepts for improvement and public health implications. *JAVMA* 149: 1662-1671.
- Park JM, Lee JW, Kim JH, Kim KS, Han KJ, Sul MS, Lee HJ, Byun MW. 2007. Studies on manufacturing of *Sujeonggwa* (Korean traditional cinnamon flavored persimmon punch) edible in severe environment by gamma irradiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 609-615.
- Perchonok M, Bourland C. 2002. NASA food system: past, present, and future. *Nutrition* 18: 913-920.
- Stadler CR, Bourland CT, Rapp RM, Sauer RL. 1982. Food system for space shuttle Columbia. *J Am Diet Assoc* 80: 108-114.
- Choi HC. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value added products. *Korean J Crop Sci* 47: 15-32.
- Park JH, Bae SM, Kim JS. 2004. Fermentation characteristics of *Takju* prepared with old rice. *Korean J Food Sci Technol* 36: 609-615.

10. Choi YI, Oh YA, Kim MH, Lee MS, Kim MH, Kim SD. 1992. Development of optimum processing condition in dehydrated instant rice. *Korean J Food Sci Technol* 4: 23-26.
11. Smith DA, Rao RM, Liuzzo TA, Champagne E. 1980. Chemical treatment and process modification for producing improved quick-cooking rice. *J Food Sci* 50: 926-967.
12. Choi SG, Rhee C. 1995. Effect of freezing rate and storage temperature on the degree of retrogradation, texture and microstructure of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 27: 783-788.
13. Won JG, Ahn DJ, Kim SJ, Park SD, Choi KB, Lee SC, Son JK. 2005. Comparison of grain quality between Chinese parboiled and domestic rice. *Korean J Crop Sci* 50: 19-23.
14. Puspitowati S, Driscoll RH. 2007. Effect of degree of gelatinisation on the rheology and rehydration kinetics of instant rice produced by freeze drying. *Int J Food Prop* 10: 445-453.
15. Lee YC, Lee DW. 1989. Effects of processing methods on the quality of the dehydrated instant rice. *Korean J Food Sci Technol* 2: 294-299.
16. Gowen AA, Abu-Ghannam N, Frias J, Oliveira J. 2008. Modeling dehydration and rehydration of cooked soybeans subjected to combined microwave-hot-air drying. *Innovative Food Sci & Emerg Technol* 9: 129-137.
17. Lee YS, Oh SH, Lee JW, Kim JH, Rhee CO, Lee HG, Byun MW. 2004. Effect of gamma irradiation on quality of cooked rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 582-586.
18. SPSS. 1999. SPSS for Windows. Rel. 10.05. SPSS Inc. Chicago, IL, USA.
19. Kim JS, Lee HY, Kim YM, Shin DH. 1987. Effect of cooking methods on the qualities of quick-cooking rice. *Korean J Food Sci Technol* 6: 480-485.
20. Lee WY, Kim JK. 2001. Absorption characteristics of per-simmon powder depending on temperature changes and drying methods. *J East Asian Soc Dietary Life* 11: 479-483.
21. Cha WS, Park JH, Oh SL, Cho YJ, Lee WY. 2000. Absorption characteristics of Korean yam powder by different drying methods. *Korean J Life Sci* 10: 229-235.
22. Okabe M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J Texture Std* 14: 131-152.
23. Yau NJN, Huang JJ. 1996. Sensory analysis of cooked rice. *Food Qual Prefer* 7: 263-270.
24. Kim JH, Oh SH, Lee JW, Lee CY, Myun MW. 2004. Effect of glucono delta-lactone on the quality of cooked rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1698-1702.
25. Min YK, Jeong HS. 1997. Compression and decompression properties of some vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 29: 266-272.
26. Mohsenin N. 1986. Some basic concepts of rheology. In *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science press, New York. p 128-150.

(2009년 4월 7일 접수; 2009년 6월 21일 채택)