

쌀가루의 저장조건에 따른 자연균총의 생육특성

최봉규^{1,2} · 박신영¹ · 하상도¹ · 금준석² · 이현유² · 박종대^{2*}

¹중앙대학교 식품공학과
²한국식품연구원

Effects of Storage Conditions of Rice Flour on Growth Properties of Natural Microflora

Bong-Kyu Choi^{1,2}, Shin-Young Park¹, Sang-Do Ha¹, Jun-Seok Kum²,
Hyun-Yu Lee² and Jong-Dae Park^{2*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Gyeonggi 456-756, Korea
²Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

Abstract

In order to optimize microbial safety and preservation in quality retention of rice flour, commercial hot-air dry (HT, 65/15 min) and microwave dry (MT, 700 watt/30 sec) treatments were developed, and in this study, natural microflora present in rice flour exposed to different storage temperature and periods were monitored. Changes in color (E) appeared to be less on the MT rice flour than on the rice flour. Effectiveness of the MT treatment showed reduction rates for total aerobic bacteria (2.62 log CFU/g), yeasts, and molds (0.37 log CFU/g). Total aerobic bacteria showed similar growth patterns of all the treatments during storage; however, the MT treatment inhibited the growth of this organism in rice flour. In conclusion, the MT treatment was found to be a suitable drying method to substitute the HT treatment in terms of quality of rice flour and microbial safety.

Key words: natural microflora, physicochemical properties, rice flour, microwave

서 론

최근 식생활이 서구화, 다양화됨에 따라 수제나 취반을 필요로 하는 쌀밥보다는 육류, 패스트푸드 등의 가공식품의 소비가 늘고 있어 1인당 쌀 소비량이 1985년 128 kg에서 1998년에는 99 kg으로 감소했으며, 2006년에는 78.6 kg으로 급격히 감소하고 있다(1). 쌀 소비 형태는 전체 쌀 생산의 95% 이상이 밥으로 소비되고 있으며 가공용은 떡, 면, 주류, 과자를 포함해서 3% 내외에 머물고 있으며(2), 최근 쌀 소비 확대의 일환으로 쌀가루를 주원료로 한 새로운 가공식품 개발에 대한 노력이 활발히 전개되고 있다(3). 비가공 섭취 식품인 생식, 선식 등의 원료인 쌀가루는 살균과정 없이 바로 섭취하기 때문에 위해 미생물에 의한 식중독 발병의 원인으로 부각되고 있다. 일반적으로 세균은 세균 자체의 유독성 또는 생산하는 독성물질이 여러 질병을 일으킬 수 있으며 효모와 곰팡이들은 쌀 가공식품의 품질 특성에 영향을 미친다. 이들 형태의 모든 미생물들은 살균을 필요로 하고 증식 억제 및 제거 방법으로 potassium sorbate, benzoic acid, citric acid, acetic acid, lactic acid, organic acid, chlorine,

ethanol, hydrogen peroxide 등과 같은 sanitizer를 이용한 화학적 방법과 고전압 펄스, 전기장, 진동 자기장, 초고압, 초음파, 마이크로웨이브 등을 이용한 물리적 방법이 활용되고 있다(4). 편리함과 비유적인 측면을 고려할 때 화학적 살균법이 널리 사용되고 있으나 살균소독제, 방부제 등 화학물질의 잔류 가능성으로 인해 소비자들의 기피현상 발생으로 물리적 제어방법의 이용이 증가하고 있다. 마이크로파는 이런 살균방법들을 대체할 수 있는 새로운 방법 중 하나로 부상하고 있다(5-7).

마이크로파를 이용하여 살균한 식품은 다른 방법으로 동일 온도에서 살균한 것보다 저장성이 우수한데, 특히 열풍과 마이크로파 살균을 비교해 보면 곰팡이, 효모 및 일반세균은 보통 70~80°C에서 살균할 수 있고, 마이크로파를 이용하였을 때 1분 이내에 살균의 목적을 달성할 수 있다고 보고된 바 있다(8). 현재 육가공, 유가공, 과일주스 살균 등에 이용되고 있는 마이크로파를 쌀가루 건조에 이용할 경우 품질 변화를 최소화 하면서 건조시간의 단축뿐 아니라 살균효과를 동시에 얻을 수 있는 효과적인 수단이 될 수 있으나(9), 쌀가루에 대한 미생물학적 안전성에 대한 연구나 보고가 미비한

*Corresponding author. E-mail: jdpark@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9211, Fax: 82-31-780-9059

실정이다.

따라서 본 연구에서는 다양화 되고 있는 쌀 가공제품의 원료 소재인 쌀가루를 대상으로 저장온도 및 기간별로 자연균총의 생육특성을 측정하였고, 안전한 유통조건을 알아보기 위한 상업적 건조 및 살균처리 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

쌀가루는 태평양물산(주)에서 Jet mill로 기류분쇄한 건조된 쌀가루(수분함량 21.5%)를 구입하여 냉장상태로 실험실로 이동한 후, $5 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 보관하면서 실험에 사용하였다.

이화학적 품질특성

수분함량은 105°C 상압건조법(10)으로 측정하였으며, 수분활성도(Aw)는 직경 4 cm, 높이 1 cm의 cell에 시료 3 g 넣어 수분활성 측정기(ms1-aw, Novasina, Swiss)를 이용하여 측정하였다. 색도는 직경 4 cm, 높이 1 cm의 cell에 넣어 색도계(CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 5회 반복 측정된 평균값을 이용하였다. 색도는 Hunter scale의 L값(lightness), a값(+redness, -greenness), b값(+yellowness, -blueness) 및 전체적인 색깔 차이를 보기 위해 ΔE 값으로 나타내었다. ΔE 값은 $(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$ 으로 계산하였으며 표준색판(white standard plate)은 L: 96.86, a: -0.07, b: 2.02였다.

자연균총(natural microflora) 분리

각 쌀가루 시료 1 g을 0.1% peptone water 9 mL에 첨가하여 2분간 균질화한 후 10^{-1} 또는 더 희석된 시료 1 mL를 자연균총 분리에 사용하였다. 총균수(total aerobic bacteria)는 Petrifilm™ aerobic mesophilic bacteria count(PCA, 3M, USA)에 각각 분주하여 37°C 에서 24시간 배양하였고, 효모 및 곰팡이(yeasts and molds)는 Petrifilm™ yeast and mold count(PYMC, 3M, USA)에 분주하여 25°C 에서 3~5일 배양 후 standard plates count(SPC)에 의해 각각의 배지 위에 형성된 colony를 계수하여 log CFU/g으로 나타내었다.

상업적 건조 및 살균

제품의 미생물학적 안전성 확보와 동시에 품질의 고급화를 유지하는 살균을 상업적 살균이라 하며(11), 국내에 유통

중인 쌀가루의 일반적 상업적 살균은 수분함량 14~15%일 때, 65°C 열풍으로 15분간 열풍으로 처리하고 있다. 따라서 상업적 살균조건인 열풍처리(HT), 700 watt 출력 마이크로파 30초간 처리(MT), 대조구(NT)를 사용하였다.

쌀가루 저장성 실험 및 관능평가

열풍, 마이크로파 상업적 건조 및 살균 처리한 처리구와 대조구 시료를 저장온도, 저장기간 및 반복수에 따라 각각 10 g씩 폴리에틸렌 필름에 담아 냉장 저장고(CA-C11AZ, LG Electronics, Korea)를 사용하여 4°C , 10°C , 20°C 에서 4주간 저장하였으며, 저장 후 0일, 3일, 1주, 2주, 3주, 4주 후에 sampling하여 시험 분석하였다. 또한 4°C , 4주 저장 후 관능적 품질은 쌀가루 700 g과 증류수 500 mL를 혼합하여 반죽한 다음 10 g 단위로 세절하여 끓는 물에 넣고 15분간 끓여 제조한 수제비에 대해 9점 척도법으로 향, 색, 맛 및 전반적 기호도를 평가하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 결과들은 SAS(Statistical Analytical System, USA)를 활용하여 ANOVA 분산분석과 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

이화학적 품질특성

쌀가루 수분함량 측정 결과, NT 쌀가루 수분함량은 21.5%, HT와 MT 쌀가루는 상업적으로 유통 가능한 약 15% 전후로 건조되었다. 미생물 성장조건에 기준이 되는 Aw는 NT 쌀가루는 0.95, MT와 HT는 각각 0.89, 0.83으로 측정되었다(Table 1). 최적 건조방법에 따른 쌀가루 색도 변화는 MT와 HT 처리 후 쌀가루의 ΔE 값은 각각 0.15와 0.27로 측정되어 마이크로파 건조가 열풍건조보다 색깔의 변화가 적은 것으로 판단된다(Table 1). Kum과 Han(12)은 냉동 밥을 마이크로파 조사 후 색도 변화를 측정된 결과 L value는 유의적 차이가 없었고, a, b value는 유의적인 차이를 나타내어 본 실험과 유사한 경향이였다. Taner 등(13)은 열풍 건조와 마이크로파 건조 후 색도변화 측정 결과, 마이크로파 건조의 L, a, b value가 열풍 건조에 비해 낮은 값을 나타내어, MT

Table 1. Changes in moisture contents, water activity and color of rice flour by various drying treatments

Sample ¹⁾	Moisture contents (%)	Water activity (Aw)	Color value ²⁾			ΔE ³⁾
			L	a	b	
NT	21.5±0.1	0.95	97.74±0.1	-0.23±0.1 ^{b4)}	2.84±0.6 ^b	0.00±0.00
MT	14.7±0.2	0.89	97.69±0.6	-0.19±0.1 ^a	2.71±0.6 ^b	0.15±0.02
HT	14.3±0.6	0.83	97.60±0.2	-0.31±0.2 ^c	3.06±0.6 ^a	0.27±0.05

¹⁾NT: control, MT: microwave treatment, HT: hot-air treatment.

²⁾L: Lightness, a: (+) redness (-) greenness, b: (+) yellowness (-) blueness.

³⁾ $\Delta E: ((L_0-L_1)^2 + (a_0-a_1)^2 + (b_0-b_1)^2)^{1/2}$

⁴⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Sensory evaluation of rice flour by various drying treatments in rice flour during storage at 4°C during 4 weeks

Sample ¹⁾	Sensory characteristics			Overall acceptability
	Flavor	Color	Taste	
NT	-	-	-	-
MT	5.7±0.4 ^{a2)}	6.5±0.1 ^a	6.8±0.4 ^a	6.6±0.6 ^a
HT	5.6±0.4 ^a	6.2±0.1 ^a	6.5±0.6 ^a	6.4±0.4 ^a

¹⁾NT: control, MT: microwave treatment, HT: hot-air treatment.

²⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

처리시 낮은 ΔE값을 보여 쌀가루 색의 품질변화를 최소화하며 건조시간을 단축시키는 방법으로 평가되었다. 저장중 관능적 품질은 대조구가 초기 부패가 일어나 측정이 불가능한 데 비하여 마이크로파 및 열풍 건조의 맛의 기호도가 각각 6.5, 6.8로, 전반적 기호도도 각각 6.4, 6.6으로 나타났으며, 유의적 차이는 없었다(Table 2). 마이크로파 건조가 열풍 건조와 함께 저장성과 맛의 품질을 유지하는데 기여할 수 있는 방법이라고 평가된다.

총균수(total aerobic bacteria)의 변화

최적 건조 처리 후 쌀가루에 존재하는 총균수의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 쌀가루의 초기 총균수는 6.8 log CFU/g이었고, 마이크로파 처리(700 watt/30 sec, MT)와 열풍 처리(65°C/15 min, HT) 후 쌀가루의 총균수 측정결과 각각 2.6 log CFU/g과 1.0 log CFU/g 만큼 감소하였다. Kim (14)은 75°C 열풍건조 후 고춧가루의 총균수는 8.4×10^3 CFU/g이었으며 대조구인 자연건조 후 총균수 2.5×10^6 CFU/g으로 대조구에 비하여 2.5 log CFU/g 감소했다고 보고하였고, Kim과 Lee(15)는 두유의 열수 살균과 마이크로파 살균 병행 후 초기균수에 비하여 4.0 log CFU/mL가 감소하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

Solberg 등(16)은 미생물이 7.0~8.0 log CFU/g 수준에 도달하면 부패가 시작되고 9.0 log CFU/g일 때 관능적 특성이 저하되어 부패취가 나타난다고 보고하였다. 이를 기준으로 최적의 품질유지 기한을 설정한 결과, 4°C에서 저장한 NT의 총균수는 저장 14일만에 7.5 log CFU/g 수준, 그리고 21일만에 8.0 log CFU/g을 초과하여 품질 유지기한이 14일 미만으로 평가되었고, HT, MT의 총균수는 4주까지 6.0 log CFU/g 이내로 품질이 유지되었으며, 특히 MT가 더 낮은 총균수를 유지하여 HT보다 좋은 저장성을 보였다. Aziz 등(17)은 마이크로파 처리 후 초기균수가 3.7 log CFU/g인 beef를 5°C에서 균수의 변화를 측정한 결과 저장 10일째 3.8 log CFU/g으로 초기균수와 차이가 나지 않아 4~5°C에서는 총균수의 생육이 억제된다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 10°C 저장 쌀가루의 총균수 측정결과 NT 7일 후, HT 21일 후, MT 28일 후 각각 7.1 log CFU/g, 7.5 log CFU/g, 7.5 log CFU/g으로 측정되어 초기 부패가 시작

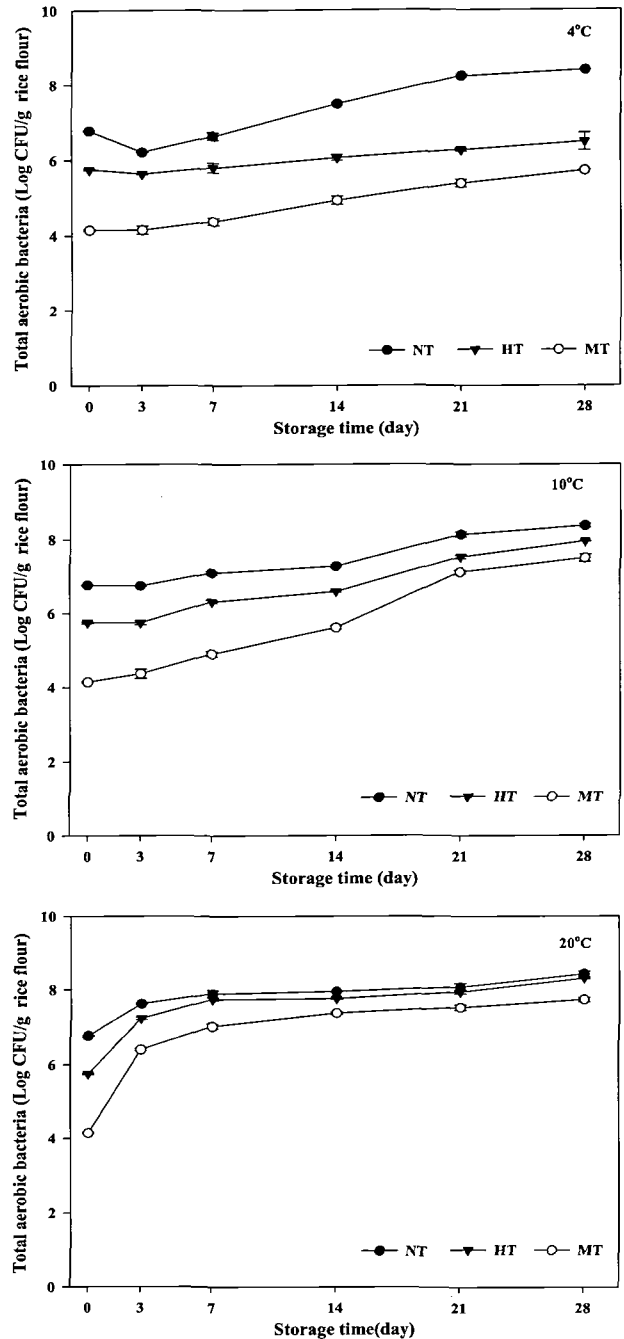


Fig. 1. Growth patterns of total aerobic bacteria in rice flour during storage at various temperature.

Initial total aerobic bacteria : 6.8 ± 0.02 log CFU/g. NT: control, HT: hot-air treatment, MT: microwave treatment.

되었고, 20°C에 보관한 NT와 HT는 3일 후, MT는 저장 7일 후 각각 7.6 log CFU/g, 7.2 log CFU/g, 7.0 log CFU/g으로 측정되어 부패가 시작된 것으로 판단되었다. Kim과 Kwon (18)은 30°C에 24주 저장에 따른 총균수 변화 측정 결과 초기 균수가 7.8 log CFU/g에서 4주 후 0.53 log CFU/g이 증가한다고 보고하였고, Lee 등(19)은 쌀 미음을 20°C에 보관하면

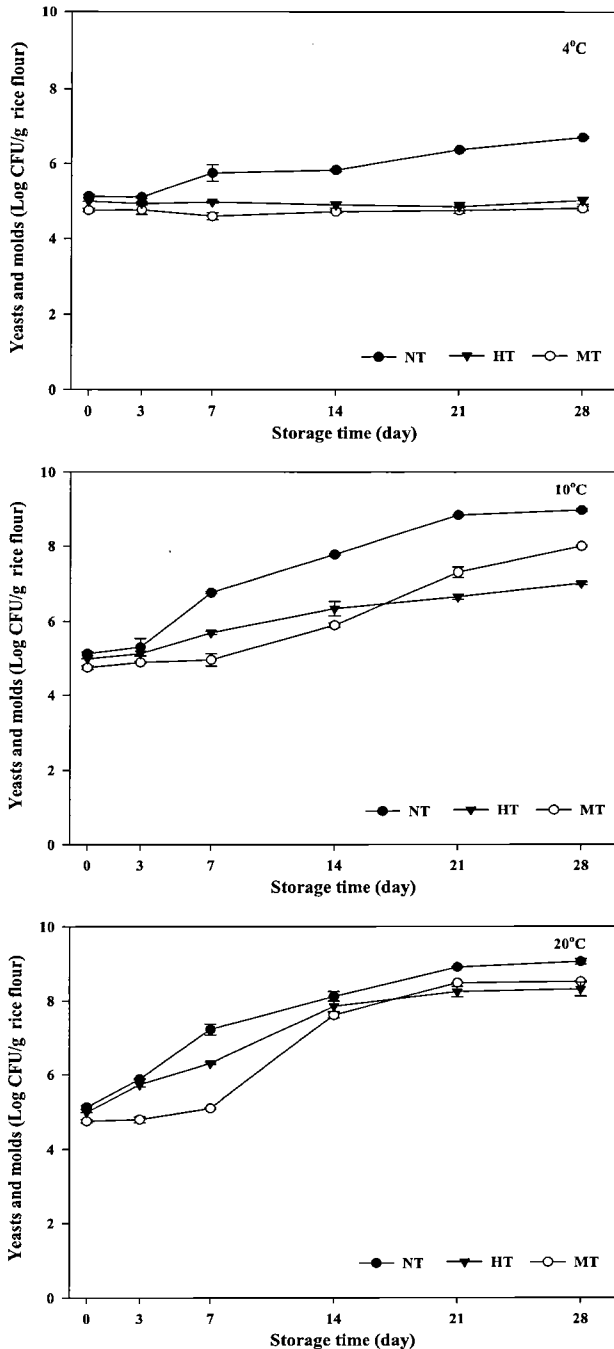


Fig. 2. Growth patterns of yeasts and molds in rice flour during storage at various temperature. Initial yeasts and molds : 5.1 ± 0.05 log CFU/g. NT: control, HT: hot-air treatment, MT: microwave treatment.

서 경시적으로 측정된 총균수는 저장 1주 후 6.0 log CFU/g 까지 증가하였으며 2주 후에는 부패가 진행되었다고 보고하였다. MT처리 및 4°C 저장은 쌀가루의 건조뿐만 아니라 총균수 생육억제 효과를 보여 shelf-life를 향상시키는 방법으로 평가되었다.

효모와 곰팡이(yeasts and molds)의 변화

최적 건조 처리 후 쌀가루에 존재하는 효모와 곰팡이의 저장온도 및 기간에 따른 생육특성을 Fig. 2에 나타내었다. 쌀가루 초기균수는 5.2 log CFU/g이었고, 마이크로파 처리 (700 watt/30 sec, MT)와 열풍 처리(65°C/15 min, HT) 후 쌀가루의 총균수 측정결과 각각 0.4 log CFU/g, 0.2 log CFU/g 만큼 감소하여 HT보다 MT처리가 효모와 곰팡이 초기 생육총균수를 감소시켰다. Kum 등(20)은 고기, 육제품의 효모와 곰팡이는 700 watt/140 sec로 살균 목적을 달성할 수 있다고 보고하여 본 실험 결과와 차이를 나타내었는데, 이는 본 실험에서 사용한 마이크로파가 700 watt/30 sec로 단시간 조사하였고 육제품은 표면 살균, 쌀가루는 표면이 아닌 전체를 살균하기 때문으로 판단된다. 4°C에 저장한 효모와 곰팡이 생육특성 측정 결과, NT 쌀가루의 효모와 곰팡이는 저장 28일 6.7 log CFU/g으로 나타나서 1.6 log CFU/g 만큼 증가하였고, HT와 MT 쌀가루의 효모와 곰팡이는 변화가 없었다. Lee 등(21)은 미너봉(Minyubong) 저장기간에 따른 진균의 생육변화 측정 결과, 초기균수가 2.0 log CFU/g에서 저장 3일 후 2.3 log CFU/g으로 증가하였다고 보고하였다. 10°C 저장 쌀가루의 진균수 측정 결과, NT 쌀가루는 7일 후 6.8 log CFU/g, HT와 MT는 14일 후 각각 6.3 log CFU/g, 5.9 log CFU/g으로 측정되었으며, 20°C에 NT와 HT는 7일 후 각각 7.2 log CFU/g, 6.3 log CFU/g, MT는 저장 14일 후 7.6 log CFU/g으로 측정되었다. Sachindra 등(22)은 소세지 저장기간에 따른 효모와 곰팡이 생육변화 측정결과 초기균수가 0.9 log CFU/g에서 저장 16일 후 2.4 log CFU/g으로 증가한다고 보고하였고, Lee 등(21)은 20°C에서 효모와 곰팡이의 저장기간에 따른 생육변화 측정시 2.0 log CFU/g에서 저장 3일 후 3.1 log CFU/g으로 증가하였다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. MT 처리 및 4°C 저장은 쌀가루의 건조뿐만 아니라 진균류의 생육억제 효과를 보여 shelf-life를 향상시키는 방법으로 판단된다.

요 약

본 연구는 쌀가루의 저장온도 및 저장기간에 따른 자연균 총 생육특성을 조사하고 안전성과 유효성을 고려한 최적의 열풍 및 마이크로파 처리 방법을 개발하여 쌀가루의 미생물학적 안전성, 저장성 및 품질유지를 최적화하고자 하였다. 마이크로파 처리(700 watt/30 sec, MT)와 열풍 처리 (65°C/15 min, HT) 후 쌀가루의 ΔE값은 각각 0.15와 0.27로 마이크로파 건조가 열풍 건조보다 색깔의 변화가 적은 것으로 나타났다. 건조방법에 따른 처리 직후 총균수, 효모와 곰팡이수는 MT 처리구가 2.62 log CFU/g과 0.37 log CFU/g으로 감소한 것으로 나타나, HT 처리구보다 효과적인 건조 방법이었다. 저장기간에 따른 자연균총은 모든 처리구에서

유사한 성장패턴을 보였으나, MT 처리시 가장 낮은 성장률을 나타내었다. 결론적으로 저장 쌀가루의 품질특성 및 미생물학적 안전성 측면에서 마이크로파 처리는 열풍 건조 처리와 더불어 상업적 살균방법으로 검토할 필요성이 있는 것으로 평가되었다.

문 헌

1. Ministry of Agriculture and Forestry. 2003. 2002 Crops Statistics. Ministry of Agriculture and Forestry, Seoul, Korea.
2. Kum JS. 2002. Current status and recent subject of rice products development in Korea. Abstract No. PL 9 presented at the 1st International Symposium and Expo on Rice, Chuncheon, Korea. p 109-119.
3. Kang MY, Choi YH, Choi HC. 1997. Compositions of some characteristics relevant to rice bread processing between brown and milled rice. *Korean J Soc Food Sci* 13: 64-69.
4. Giese J. 1992. Advances in microwave food processing. *Food Technol-Chicago* 46: 118-122.
5. Jang JH, Jang JS, Lee SY, Kim HS, Kang SM, Park JH. 2003. Growth inhibition effects of ethanol and sodium chloride on *Bacillus cereus*. *Korean J Food Sci Technol* 35: 998-1002.
6. Qingming L, Xinghe T, Yubo H. 2003. Advance in microwave sterilization technology for food processing. *Food Ferment Ind* 29: 86-89.
7. Schlegel W. 1992. Commercial pasteurization and sterilization of food products using microwave technology. *Food Technol-Chicago* 46: 62-63.
8. Schiffman RF. 1992. Microwave sterilization. *Food Technol-Chicago* 46: 58-59.
9. Jacques T. 1992. *Microwaves-Industrial, Scientific, and Medical Application*. Artech House, Boston. p 346-356.
10. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. method 325.09. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
11. Ju HK, Kim YH. 1996. *Food technology*. Sunjin Munwhasa, Seoul, Korea. p 50-55.
12. Kum JS, Han O. 1998. Effects of food height for microwave blanching on vegetables and reheating on cooked rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 281-285.
13. Taner B, Icier F, Ersus S, Hasan Z. 2003. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *Eur Food Res Technol* 218: 68-73.
14. Kim MH. 1991. Studies on optimization of air dehydration process for red peppers. *Korean J Food Preserv* 2: 41-49.
15. Kim SS, Lee JH. 1999. Pasteurization efficiency and physico-chemical changes of soymilk HTST pasteurized using microwaves. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1196-1202.
16. Solberg M, Buckalew JJ, Chen CM, Schaffner DW, O'Neil K, McDowell J, Post LS, Boderck M. 1990. Microbiological safety assurance system for food service facilities. *Food Technol-Chicago* 44: 68-73.
17. Aziz NH, Mahrous SR, Youssef BM. 2002. Effect of gamma-ray and microwave treatment on the shelf-life of beef products stored at 5°C. *Food Control* 13: 437-444.
18. Kim DH, Kwon YM. 2001. Effect of storage conditions on the microbiological and physicochemical characteristics of traditional *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol* 33: 589-595.
19. Lee YS, Oh SH, Lee JW, Kim JH, Kim JH, Kim KS, Kim WG, Byun MW. 2004. Optimum of gamma irradiation dose for rice-based infant foods with improved energy-density and shelf-life. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 894-898.
20. Kum JS, Jo YS. 2000. Studies on pasteurization method using microwaves in food industry. *Food Sci Industry* 33: 12-18.
21. Lee SH, Lee MS, Sun NK, Song KB. 2004. Effect of storage condition on the quality and microbiological change of strawberry "Minyubong" during storage. *Korean J Food Preserv* 11: 7-11.
22. Sachindra NM, Sakhare PZ, Yashoda D, Narasimha R. 2005. Microbial profile of buffalo sausage during processing and storage. *Food Control* 16: 31-35.

(2007년 3월 26일 접수; 2007년 7월 2일 채택)