

## 무균포장밥의 Microwave Reheating 후의 품질 특성에 관한 연구

금준석 · 이창호 · 이상호 · 이현유  
한국식품개발연구원 쌀이용연구센터

### Effect of Microwave Reheating on Quality of Aseptic-Packaged Cooked Rice

Jun-Seok Kum, Chang-Ho Lee, Sang-Hyo Lee and Hyun-Yu Lee  
Rice Utilization Research Center, Korea Food Research Institute

#### Abstract

Quality changes of microwave-reheated cooked rice aseptic-packaged with different lid materials and oxygen absorbers were determined during storage at 20°C, 30°C and 40°C. Springiness, cohesiveness and adhesiveness increased as storage temperature increased, while gumminess and hardness decreased. Lid materials, oxygen absorbers, and storage temperatures showed no significant effect on the textural properties of cooked rice after microwave reheating. Degree of gelatinization was increased as storage temperature increased and was restored after microwave reheating. Scanning electron micrograph showed that the surface of cooked rice became rough and hollowed after microwave reheating for 1.5 min, indicating starch was regelatinized, while there was no difference with respect to lid materials. Photomicrographs of the cross-section of aseptic-packaged cooked rice showed that a compact and solid structure increased and retrogradation occurred in starch as storage temperature decreased, while a compact and solid structure was decreased and starch was regelatinized after microwave reheating.

Key words: microwave reheating, cooked rice, aseptic packaging

#### 서 론

가공 쌀밥은 일본에서 1955년에 전기밥솥이 개발되면서 밥문화의 변화로 인하여 출발하였으며, 1973년 처음으로 통조림밥이 개발되었으나 갈변 등 품질의 저하로 성공하지 못하다가 1978년 이후 레토르트 쌀밥이 개발되면서 급진적인 성장을 하게 되었다<sup>(1)</sup>. 그러나 레토르트 쌀밥 역시 품질 면에서 다소 문제점이 발생하였고 전자레인지가 널리 보급되면서 냉동 쌀밥이 급격히 각광을 받기 시작하였다<sup>(2,3)</sup>. 그 후 무균포장밥의 개발로 인하여 밥맛이 좋고 상온 유통이 가능한 가공 쌀밥이 출현되어 현재 약 200% 이상의 신장율을 보이고 있다<sup>(4)</sup>. 무균포장밥이 지금까지 급속한 신장율을 보인 것은 레토르트와 같이 포장후 살균을 위한 고온의 열처리를 하지 않아 밥맛이 좋다는 것과 무균실에서 상온 포장하므로 60일에서 180일의 보존이 가능하다는 이유 때문이다<sup>(4,8)</sup>. 또한 무균포장밥의 신장율

을 높이는데 기여한 것은 전자레인지의 보급이다. 이는 상온에서 유통 중인 무균포장밥을 전자레인지에서 재가열하여 소비하고 있기 때문이다. 전자레인지의 국내보급율은 현재 35%에 이르고 있고 소비자의 필요성도 오븐보다는 전자레인지 활용이 더 크게 인식되고 있으며 그중 가장 많이 쓰이는 곳은 음식의 재가열에 사용되어진다<sup>(9)</sup>. 마이크로파는 유전체에 전계(electric field)가 가해지면 분극 현상이 반복되어지며 전계의 에너지중 일부가 유전체에 흡수되어 유전체 손실로 발열된다. 유전체 내에서 에너지의 감소는 유전체에 의한 마이크로파 흡수, 즉 마이크로파 가열로 나타난다. 유전체의 구조 중에서 마이크로파 가열에 관계되는 것은 배양 분극(방위 분극)인데 분자나 이온에서 쌍극자를 갖는 H<sub>2</sub>O, HCl 등의 물질에 전계를 가함에 따라 쌍극자가 전계의 방향으로 위치를 설정해서 생기는 분극이다. 따라서 유전체손실각(tanδ)과 유전상수(ε)의 고유의 값도 변화하게 된다<sup>(10)</sup>. 그러므로 냉동 쌀밥이 아닌 상온 유통의 쌀밥의 경우 마이크로파 가열 후의 품질 특성도 달라지게 된다.

최근 식품 과학에서 식품의 구조와 조직감의 연관

Corresponding author: Jun-Seok Kum, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

성을 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 고찰해 보려는 노력이 날로 증가하고 있다. 쌀알 및 취반 후의 전분 구조는 잘 알려져 있는 대로 온도가 증가함에 따라 각각 다른 모양으로 수화되어 고온이 되면 전분 입자는 약해지고 smooth solid한 형태로 변화되어 나중에는 three-dimensional network 형태로 된다고 보고되었 으며<sup>(12)</sup>, 옥수수 전분도 이와 비슷한 형태로 변화한다 는 보고도 있다<sup>(13)</sup>.

따라서 본 연구에서는 무균포장법을 이용하여 포장 재질 및 탈산소제에 따라 가공 쌀밥을 제조하여 일정 기간 저장한 후 마이크로파 가열 후의 품질 특성 및 미세구조를 검토하였다.

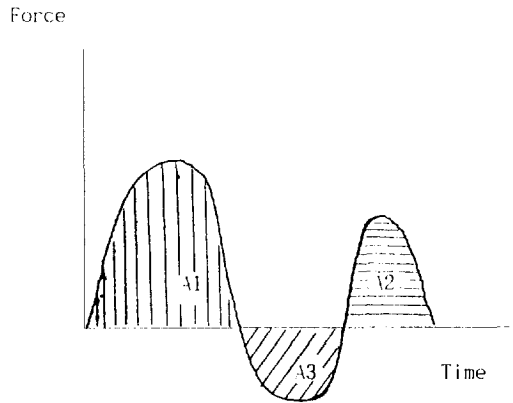
**재료 및 방법**

**무균포장법의 제조**

무균수를 사용하여 수세한 원료쌀(추청벼, 경기 이 천)을 자동전기보온밥솥(RJ 188 UTW, 금성사)에 담아 원료쌀 무게의 1.4배에 해당하는 취반수를 가하여 취반 후 무균실 안에서 스테인레스 용기에 혼합하여 밥의 수분 함량이 균일하게 분포되도록 한 후 냉각이 완료되면 무균처리한 용기에 쌀밥 200 g을 충전한 후 탈산소제를 봉입하여 리드 포장재를 덮고 에어 실린 더 방식의 트레이용 실링몰더(Kumho Machine, Korea)를 이용하여 180°C에서 3초간 열 접착 포장하 였다. 무균포장밥 제조시 원료의 수세를 제외한 취반, 충전 및 포장 작업은 청정도 100이하인 무균실내에서 실시하였으며 무균포장밥 제조 후 20°C, 30°C 및 40°C에서 60일간 저장하였다. 무균포장밥 충전용 플 라스틱 용기는 다층 용기(PP/EVOH/PP, Toyo-Seikan, Japan)를 사용하였으며 리드 포장재는 국내(두산유리) 에서 주문 제작한 P-1 (OPP/EVOH/EPL), P-2 (PET/ EVOH/ EPL)를 사용하였고 재질의 특성은 전보<sup>(14)</sup>와 같다. 탈산소제는 FX (12시간 이내에 산소 제거 가능) 와 TSQ (24시간 이내에 산소 제거 가능)를 대한제당 (주)에서 구입하여 사용하였으며 무균포장밥의 mi-crowave reheating은 700 W의 출력과 2450 MHz 주파 수의 전자레인지(RE 605S, 삼성전자)를 이용하여 1.5 min동안 최대출력으로 가열하였다.

**조직감 측정**

시료를 Ø 60 mm × 20 mm 크기의 알루미늄 용기에 25 g씩 담아서 Texture analyser (Model TX XT2, Stable Micro Systems)를 사용하였으며 이때의 측정 조건은 test type : texture profile analysis, measuring



**Fig. 1. Force-time curve of TPA test** Hardness : height of first peak, Springiness :  $\frac{\text{probe reversal 2 - start area 2}}{\text{probe reversal 1 - start area 1}}$ , Gumminess : hardness X cohesiveness, Cohesiveness :  $A_2/A_1$ , Adhesiveness : area of  $A_3$

type : measuring force in compression, deformation ratio : 30.0%, plunger type : cylindrical type Ø 6 mm, sample size : Ø 60 mm × 20 mm, speed : 0.5 mm/s로 하였으며 조직감의 각 특성값은 Fig. 1에 따라 산출 하였다.

**호화도 측정**

호화도 측정은 glucoamylase법에 의해 측정하였다<sup>(15)</sup>.

**미세구조 관찰**

각 시료는 제조한 파라핀 봉투에 담아 액체질소 안 에서 급냉시킨 후 동결건조기에서 12시간동안 동결 건조하여 다시 액체질소 안에서 단면을 절단한 후 임 계점 건조기(Critical Point Dryer, Polaron E-3000)로 건조하여 gold-palladium으로 coating한 후 단면과 표 면구조를 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, Topcon SX-30E, Japan)을 이용하여 500배로 확대한 후 관찰하였다<sup>(16)</sup>.

**결과 및 고찰**

**조직감 변화**

리드포장재, 탈산소제, 저장 온도 및 저장 기간에 따른 무균포장밥의 조직감 변화와 microwave reheat-ing 후의 변화를 측정하여 Table 1-10에 나타내었다. Table 1은 저장중 경도 변화를 나타낸 것으로 20°C 저장구의 경우 0.86-1.22 kg의 경도를 나타내었으며, 30°C 저장구는 0.43-0.55 kg, 40°C 저장구는 0.4-0.5

**Table 1. Changes in hardness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice during storage**

Storage temp.	Treatment <sup>2)</sup>	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	1.03±0.11	1.22±0.08	1.27±0.02	1.16±0.04	1.20±0.06
	P-1, TSQ	1.05±0.02	0.95±0.05	0.98±0.04	1.00±0.09	1.13±0.19
	P-2, FX	1.10±0.21	1.05±0.04	1.12±0.04	1.23±0.04	1.15±0.04
	P-2, TSQ	0.96±0.03	0.86±0.05	1.14±0.01	1.29±0.03	1.05±0.10
30°C	P-1, FX	0.68±0.02	0.48±0.04	0.87±0.09	0.79±0.11	0.65±0.10
	P-1, TSQ	0.73±0.01	0.47±0.05	0.81±0.12	0.67±0.04	0.62±0.09
	P-2, FX	0.56±0.06	0.55±0.04	0.84±0.09	0.51±0.08	0.65±0.08
	P-2, TSQ	0.63±0.08	0.43±0.05	0.68±0.02	0.71±0.03	0.76±0.02
40°C	P-1, FX	0.57±0.04	0.47±0.04	0.39±0.02	0.43±0.04	0.46±0.03
	P-1, TSQ	0.44±0.03	0.49±0.05	0.58±0.03	0.41±0.03	0.46±0.07
	P-2, FX	0.46±0.09	0.49±0.04	0.47±0.03	0.52±0.01	0.44±0.05
	P-2, TSQ	0.52±0.03	0.40±0.05	0.33±0.01	0.52±0.00	0.56±0.05

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times), 0 time: 0.30±0.03

<sup>2)</sup>P-1: OPP/EVOH/EPL, P-2: PET/EVOH/EPL, FX: Absorb oxygen until 12hr, TSQ: Absorb oxygen until 24hr

**Table 2. Changes in hardness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice after microwave reheating of 1.5 min during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.20±0.01 <sup>1)</sup>	0.22±0.03	0.23±0.02	0.32±0.06	0.33±0.03
	P-1, TSQ	0.23±0.03	0.23±0.01	0.18±0.05	0.26±0.05	0.32±0.02
	P-2, FX	0.25±0.02	0.27±0.02	0.29±0.03	0.26±0.01	0.31±0.01
	P-2, TSQ	0.24±0.01	0.27±0.01	0.29±0.05	0.28±0.06	0.32±0.03
30°C	P-1, FX	0.29±0.02	0.30±0.02	0.34±0.07	0.29±0.03	0.33±0.03
	P-1, TSQ	0.26±0.02	0.27±0.03	0.29±0.00	0.37±0.03	0.40±0.03
	P-2, FX	0.23±0.03	0.25±0.02	0.26±0.03	0.36±0.03	0.40±0.03
	P-2, TSQ	0.25±0.05	0.25±0.02	0.42±0.02	0.31±0.04	0.35±0.03
40°C	P-1, FX	0.28±0.03	0.30±0.03	0.31±0.03	0.32±0.03	0.33±0.03
	P-1, TSQ	0.29±0.02	0.31±0.02	0.34±0.05	0.22±0.02	0.34±0.02
	P-2, FX	0.27±0.04	0.30±0.05	0.30±0.03	0.28±0.03	0.32±0.05
		0.26±0.05	0.26±0.01	0.26±0.02	0.34±0.08	0.34±0.03

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times)

kg의 경도를 나타내어 저장 온도가 증가 할수록 밥의 경도는 낮아지는 경향을 나타내었다. 그러나 기체투과도에 있어서 차이를 나타내는 리드포장재 및 산소흡수 능력이 다른 탈산소제의 종류에 따른 경도의 변화는 뚜렷한 경향을 나타내지 않아 밥의 저장중 경화현상과 포장 용기 내의 용존산소량과는 무관하였다. 일반적으로 단단하고 찰기가 적은 밥에서는 세포벽의 붕괴 정도가 적은 것으로 알려져있다<sup>17)</sup>. Table 2는 전자레인지에서 1.5분간 microwave reheating 후의 경도 변화를 살펴본 것으로 리드포장재, 탈산소제, 저장 온도 및 저장 기간에 따른 영향은 나타나지 않았다. 전반적인 밥의 경도는 취반 직후와 비교하여

큰 차이가 없으며 재가열에 의해 취반 직후의 경도로 복원되는 것으로 나타났다. 밥의 식감에 있어서 매우 바람직한 요소인 탄성의 경우(Table 3) 리드포장재 및 탈산소제 종류에 따른 차이는 나타나지 않았으나 30°C와 40°C의 경우 20°C 저장구에 비해 탄성치가 약간 증가하는 경향을 보여 고온 저장일수록 식감에 바람직한 영향을 미치는 것으로 나타났다. Microwave reheating 후의(Table 4) 경우 재가열에 의해 탄성치가 저하되는 것으로 나타났으며, 리드포장재 및 탈산소제에 따른 차이는 보이지 않았다. 점성의 경우(Table 5) 저장 온도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었고 microwave reheating 후(Table 6)는

**Table 3. Changes in springiness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.65±0.02	0.68±0.02	0.67±0.05	0.66±0.02	0.66±0.01
	P-1, TSQ	0.61±0.05	0.62±0.06	0.66±0.01	0.67±0.01	0.60±0.03
	P-2, FX	0.61±0.04	0.59±0.03	0.61±0.03	0.66±0.03	0.64±0.03
	P-2, TSQ	0.65±0.08	0.51±0.06	0.65±0.09	0.70±0.01	0.62±0.04
30°C	P-1, FX	0.67±0.03	0.61±0.02	0.77±0.03	0.76±0.03	0.74±0.02
	P-1, TSQ	0.74±0.07	0.63±0.06	0.73±0.02	0.74±0.06	0.70±0.02
	P-2, FX	0.71±0.04	0.66±0.04	0.81±0.04	0.67±0.04	0.69±0.07
	P-2, TSQ	0.69±0.01	0.63±0.01	0.63±0.02	0.71±0.01	0.78±0.02
40°C	P-1, FX	0.70±0.04	0.72±0.04	0.80±0.03	0.76±0.03	0.81±0.11
	P-1, TSQ	0.77±0.02	0.70±0.06	0.70±0.01	0.63±0.01	0.81±0.12
	P-2, FX	0.63±0.05	0.68±0.01	0.83±0.03	0.73±0.01	0.81±0.01
	P-2, TSQ	0.67±0.02	0.71±0.01	0.79±0.01	0.69±0.02	0.85±0.01

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times), 0 time: 0.51±0.03

**Table 4. Changes in springiness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice after microwave reheating of 1.5 min during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.55 0.01	0.56 0.02	0.65 0.04	0.58 0.01	0.58 0.01
	P-1, TSQ	0.50 0.03	0.55 0.03	0.55 0.05	0.53 0.05	0.56 0.03
	P-2, FX	0.54 0.01	0.57 0.05	0.60 0.02	0.57 0.03	0.57 0.02
	P-2, TSQ	0.56 0.03	0.57 0.01	0.62 0.01	0.56 0.04	0.58 0.01
30°C	P-1, FX	0.52 0.02	0.55 0.03	0.56 0.12	0.56 0.11	0.59 0.02
	P-1, TSQ	0.50 0.01	0.53 0.02	0.52 0.05	0.61 0.09	0.61 0.04
	P-2, FX	0.58 0.04	0.59 0.01	0.63 0.01	0.64 0.07	0.65 0.03
	P-2, TSQ	0.57 0.03	0.57 0.02	0.63 0.11	0.58 0.02	0.60 0.03
40°C	P-1, FX	0.59 0.01	0.58 0.06	0.61 0.02	0.60 0.07	0.61 0.07
	P-1, TSQ	0.57 0.02	0.58 0.05	0.64 0.06	0.47 0.01	0.60 0.05
	P-2, FX	0.60 0.01	0.59 0.04	0.63 0.09	0.55 0.13	0.59 0.01
	P-2, TSQ	0.55 0.05	0.57 0.01	0.52 0.03	0.59 0.11	0.63 0.04

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times)

재가열에 의해 껌성치가 재가열 전보다 전체적으로 감소하였다. 응집성(Table 7)과 부착성(Table 9)의 경우에는 저장 온도가 증가할수록 약간 증가하는 경향을 나타내었으나 리드포장재 및 탈산소제에 의한 영향은 없는 것으로 나타났다. 또한 microwave reheating 후, 저장 기간에 따라 응집성(Table 8) 큰 차이가 없으나 부착성(Table 10) 감소하였으며, 응집성과 접착성은 리드포장재, 탈산소제 및 저장 온도에 따른 차이를 보이지 않았다.

#### 호화도 변화

온도가 65°C 정도에서 밥을 보존할 경우는 호화된

전분의 노화는 부분적으로 억제할 수 있지만 밥에 포함되어 있는 아미노산과 당이 반응하여 갈변 물질이 생성되어 변색을 일으킨다<sup>(18)</sup>. 따라서 보존 시간이 길어짐에 따라 밥의 노화, 갈변 현상 및 경도가 변화하게 된다. 무균포장밥의 호화도 변화를 측정된 결과는 Table 11과 12에 나타내었다. 20°C 저장구(Table 11)의 경우 저장 기간 15일 후의 호화도 측정값이 17-20% 정도로 나타났으며, 저장 중 뚜렷한 감소를 나타내지 않아 저장 15일 이전에 이미 노화가 진행되었음을 알 수 있었고 40°C 저장구는 15일 후의 호화도 값이 30-40% 정도로 비교적 높게 나타났다. 리드포장재 및 탈산소제의 종류에 따른 호화도의 뚜렷한 차이는

**Table 5. Changes in gumminess<sup>1)</sup> aseptically packaged cooked rice during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.52±0.01	0.52±0.03	0.33±0.01	0.50±0.04	0.47±0.04
	P-1, TSQ	0.47±0.01	0.37±0.01	0.30±0.09	0.44±0.01	0.46±0.13
	P-2, FX	0.41±0.02	0.46±0.05	0.35±0.01	0.58±0.05	0.49±0.03
	P-2, TSQ	0.43±0.11	0.33±0.02	0.50±0.00	0.56±0.03	0.45±0.03
30°C	P-1, FX	0.31±0.00	0.21±0.03	0.45±0.01	0.40±0.05	0.32±0.05
	P-1, TSQ	0.26±0.02	0.21±0.05	0.42±0.02	0.33±0.02	0.30±0.05
	P-2, FX	0.29±0.04	0.28±0.01	0.44±0.01	0.24±0.04	0.32±0.04
	P-2, TSQ	0.24±0.01	0.19±0.01	0.29±0.03	0.36±0.02	0.38±0.02
40°C	P-1, FX	0.23±0.03	0.24±0.05	0.22±0.01	0.22±0.02	0.24±0.02
	P-1, TSQ	0.21±0.01	0.25±0.01	0.30±0.01	0.18±0.01	0.24±0.02
	P-2, FX	0.24±0.01	0.24±0.04	0.26±0.01	0.25±0.03	0.24±0.03
	P-2, TSQ	0.30±0.01	0.20±0.00	0.37±0.02	0.24±0.02	0.30±0.02

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times), 0 time: 0.21±0.01

**Table 6. Changes in gumminess<sup>1)</sup> of aseptically packaged cooked rice after microwave reheating of 1.5 min during**

Storage temp.	Treatment	Storage time(days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.13±0.01	0.13±0.01	0.12±0.00	0.12±0.01	0.11±0.01
	P-1, TSQ	0.12±0.00	0.12±0.01	0.06±0.01	0.11±0.01	0.12±0.01
	P-2, FX	0.10±0.01	0.13±0.00	0.14±0.00	0.11±0.01	0.11±0.00
	P-2, TSQ	0.11±0.00	0.11±0.03	0.12±0.00	0.11±0.01	0.11±0.01
30°C	P-1, FX	0.13±0.00	0.14±0.01	0.16±0.01	0.12±0.01	0.12±0.01
	P-1, TSQ	0.10±0.01	0.13±0.01	0.13±0.05	0.16±0.01	0.16±0.00
	P-2, FX	0.11±0.02	0.12±0.01	0.11±0.03	0.15±0.00	0.13±0.01
	P-2, TSQ	0.13±0.01	0.14±0.00	0.18±0.02	0.13±0.02	0.13±0.00
40°C	P-1, FX	0.13±0.01	0.13±0.01	0.13±0.02	0.14±0.00	0.12±0.01
	P-1, TSQ	0.13±0.01	0.15±0.01	0.17±0.01	0.08±0.01	0.12±0.02
	P-2, FX	0.13±0.01	0.13±0.00	0.13±0.00	0.11±0.03	0.13±0.01
	P-2, TSQ	0.12±0.02	0.12±0.00	0.11±0.00	0.14±0.00	0.13±0.00

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times)

나타나지 않았으며 microwave reheating 후의 호화도는 (Table 12) 리드포장재, 탈산소제 및 저장 기간 등에 관계없이 50-70% 정도로 나타나 취반 직후의 호화도 값이 77% 정도인 것을 감안하면 저장 60일이 경과하여도 microwave reheating에 의해 취반 직후의 식감으로 복원될 수 있음을 보여 주었다. 한편 일반적으로 노화가 빠르게 진행되는 온도 범위는 5°C~2°C이기 때문에 냉장실에서 밥을 저장할 경우 전분의 노화가 급속히 진행되어 밥알의 조직감이 급격히 저하되며, 냉동할 경우는 호화된 전분의 수분이 결정화하여 노화에 이용되기 어렵고 냉동 보존시 쌀밥의 품질 변화를 최소화할 수 있다<sup>(19)</sup>. 따라서 쌀밥의 급속 냉동 및 급속 해동이 바람직하다고 생각된다.

#### Microwave reheating 전, 후의 표면구조

무균포장밥을 노화가 가장 왕성한 20°C에서 30일 및 60일간 저장한 후 밥알의 표면구조를 주사전자현미경으로 관찰한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 밥알의 표면은 저장 기간에 따라 큰 차이는 보이지 않고 모두 부드러운 면을 가진 것으로 판명되었으며 자료로는 나타내지 않았지만 리드포장재, 탈산소제 및 저장 온도에 따라 밥알의 표면구조도 큰 차이를 나타내지 않았다.

한편, 무균포장밥을 전자레인지에서 1.5분간 가열 후 표면구조를 관찰한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 30일 및 60일간 저장 기간에 따른 차이는 없었으며, microwave reheating 후 표면이 가열 전보다 매끄럽지

**Table 7. Changes in cohesiveness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.31±0.02	0.41±0.03	0.26±0.01	0.43±0.02	0.39±0.02
	P-1, TSQ	0.32±0.06	0.39±0.01	0.38±0.03	0.44±0.03	0.40±0.01
	P-2, FX	0.34±0.03	0.44±0.03	0.31±0.04	0.47±0.03	0.43±0.03
	P-2, TSQ	0.46±0.02	0.36±0.01	0.44±0.02	0.44±0.02	0.43±0.02
30°C	P-1, FX	0.41±0.03	0.42±0.03	0.51±0.01	0.51±0.01	0.49±0.05
	P-1, TSQ	0.40±0.03	0.45±0.01	0.51±0.04	0.51±0.01	0.48±0.06
	P-2, FX	0.46±0.01	0.51±0.01	0.52±0.00	0.48±0.00	0.49±0.08
	P-2, TSQ	0.55±0.06	0.45±0.01	0.43±0.02	0.49±0.03	0.49±0.02
40°C	P-1, FX	0.41±0.02	0.51±0.01	0.55±0.01	0.51±0.01	0.52±0.03
	P-1, TSQ	0.51±0.05	0.51±0.07	0.51±0.03	0.45±0.01	0.52±0.02
	P-2, FX	0.49±0.01	0.48±0.02	0.54±0.00	0.47±0.08	0.53±0.07
	P-2, TSQ	0.49±0.02	0.49±0.05	0.56±0.04	0.47±0.04	0.54±0.01

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times), 0 time: 0.31±0.02

**Table 8. Changes in cohesiveness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice after microwave reheating of 1.5 min during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.37±0.01	0.39±0.01	0.50±0.04	0.39±0.02	0.39±0.02
	P-1, TSQ	0.34±0.03	0.36±0.03	0.35±0.01	0.40±0.04	0.41±0.03
	P-2, FX	0.39±0.02	0.40±0.03	0.47±0.03	0.40±0.03	0.41±0.01
	P-2, TSQ	0.35±0.01	0.41±0.01	0.42±0.02	0.39±0.02	0.40±0.02
30°C	P-1, FX	0.41±0.03	0.42±0.02	0.48±0.05	0.43±0.08	0.43±0.06
	P-1, TSQ	0.41±0.03	0.43±0.03	0.44±0.01	0.43±0.01	0.42±0.01
	P-2, FX	0.39±0.01	0.40±0.01	0.42±0.03	0.43±0.02	0.43±0.03
	P-2, TSQ	0.42±0.02	0.42±0.01	0.44±0.02	0.41±0.02	0.42±0.01
40°C	P-1, FX	0.41±0.02	0.42±0.03	0.42±0.03	0.44±0.02	0.42±0.02
	P-1, TSQ	0.42±0.04	0.41±0.01	0.49±0.01	0.38±0.02	0.42±0.01
	P-2, FX	0.42±0.01	0.43±0.05	0.46±0.06	0.39±0.05	0.40±0.05
	P-2, TSQ	0.43±0.00	0.42±0.02	0.43±0.01	0.40±0.07	0.40±0.03

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times)

못하고 굴곡이 심하고 오목한 부분이 관찰되는 것으로 보아 호화가 일어났음을 알 수 있었다. Microwave reheating 후 밥알의 표면구조 또한 리드포장재, 탈산소제 및 저장 온도에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다.

#### Microwave reheating 전의 단면 구조

쌀밥의 미세구조 변화는 cellulose, hemicellulose, 펙틴 등으로 구성되어 있는 세포벽이 온도가 증가함에 따라 붕괴되어 전분이 호화되는 양상을 보이고<sup>(20)</sup>, 95°C에서 10분간 가열하면 전분 입자는 완전히 호화된다고 하였다<sup>(21)</sup>. 그러나 완전히 호화된 후에도 세포벽이 어느 정도 경계를 이루고 있는 부분도 관찰되었

다<sup>(21)</sup>. 20°C에서 30일간 저장한 처리구에서는(Fig. 4) P-1 포장재구의 경우 P-2 포장재구보다 전분 입자가 적게 분포되어 있음을 보여 주었고 P-2 포장재구의 경우 30°C, 40°C 저장처리구에 비해 표면의 부드러운 면(smooth solid phase)이 감소하였음을 보여 주었다. 또한 40°C 저장구보다 대체적으로 구형의 형상을 보여 주었다. 60일 저장구에서는 P-1 포장재구와 P-2 포장재구 모두 미세구조 단면은 30일 처리구에 비해 부드러우나 전분 입자들의 덩어리가 서로 연결된 부분이 각이 많이 지어져 있고 서로 분리되어 있는 현상을 보여 주었다. 또한 다른 처리구들에 비해 전반적으로 표면이 부드러운 면보다 딱딱한 모습을 보여 주어 노화

**Table 9. Changes in adhesiveness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.29±0.01	0.19±0.04	0.02±0.00	0.07±0.00	0.01±0.00
	P-1, TSQ	0.25±0.01	0.28±0.01	0.00±0.00	0.03±0.00	0.02±0.01
	P-2, FX	0.20±0.01	0.10±0.02	0.05±0.02	0.04±0.03	0.08±0.00
	P-2, TSQ	0.15±0.02	0.14±0.01	0.04±0.02	0.06±0.02	0.05±0.02
30°C	P-1, FX	0.43±0.01	0.43±0.01	0.12±0.01	0.30±0.01	0.25±0.03
	P-1, TSQ	0.47±0.00	0.47±0.01	0.47±0.08	0.18±0.03	0.29±0.03
	P-2, FX	0.51±0.02	0.51±0.02	0.25±0.03	0.14±0.01	0.36±0.13
	P-2, TSQ	0.24±0.02	0.24±0.04	0.04±0.09	0.28±0.04	0.41±0.09
40°C	P-1, FX	0.51±0.01	0.59±0.01	0.14±0.03	0.20±0.02	0.44±0.09
	P-1, TSQ	0.40±0.00	0.40±0.01	0.46±0.11	0.17±0.09	0.44±0.09
	P-2, FX	0.63±0.10	0.76±0.05	0.45±0.03	0.14±0.03	0.41±0.03

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times), 0 time: 0.41±0.05

**Table 10. Changes in adhesiveness<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice after microwave reheating of 1.5 min during storage**

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.01±0.00
	P-1, TSQ	0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
	P-2, FX	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.01
	P-2, TSQ	0.02±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00	0.02±0.02	0.02±0.02
30°C	P-1, FX	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00
	P-1, TSQ	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00
	P-2, FX	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00
	P-2, TSQ	0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.00	0.03±0.01	0.03±0.01
40°C	P-1, FX	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.01	0.02±0.01
	P-1, TSQ	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.01	0.02±0.01
	P-2, FX	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.03±0.01	0.03±0.01
	P-2, TSQ	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.01

<sup>1)</sup>Values represent mean SD (3 times)

도와 관계가 있음을 보여 주었다.

30°C에서 30일 저장한 무균포장밥은(Fig. 5) P-1 포장재구의 경우 전분 입자들이 확연히 보였고 P-2 포장재구는 약간의 전분 입자들이 보이나 전체적인 구조는 약간 딱딱한 모습을 보여 주었다. 60일 저장한 처리구는 모두 부드러운 면보다는 딱딱한 모습을 이루고 있고, P-1 포장재구는 전분 입자의 모습이 약간씩 보였다. 특히 30일 저장구에 비해 노화가 더 진행되었음을 단면 구조에서 볼 수 있었다.

무균포장밥을 40°C에서 30일 및 60일동안 저장한 후 밥알의 단면 구조를 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 6에 나타내었다. P-1 포장재구는 전분이 호화 붕괴되어 부드럽게 퍼져 있고, 각이 진 부분이

없고 P-2 포장재구는 P-1 포장재구보다는 약간의 노화가 이루어져 딱딱한 모습을 보여 주었다. 60일간 저장 후의 단면 구조는 P-1 포장재구가 P-2의 경우보다 부드러운 단면을 많이 포함하고 있었고 전분 입자의 모습을 많이 보여 주고 있다. 또한 전반적으로 30일간 저장한 처리구에 비해 전분 입자 모습은 많으나 대체적으로 부드러운 단면을 이루고 있음을 보여주었다.

#### Microwave reheating 후의 단면 구조

리드포장재를 달리하여 20°C에서 30일 및 60일간 저장한 무균포장밥을 전자레인지에서 1.5분간 재가열 후 포장재 별로 단면 구조를 관찰한 결과는 Fig. 7에 나타내었다. P-1 포장재구와 P-2 포장재구 모두 전분

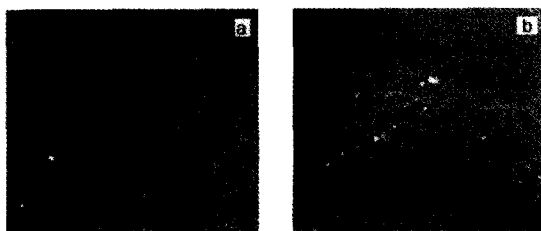
**Table 11.** Changes in degree of gelatinization<sup>1)</sup> of aseptic-packaged cooked rice during storage (%)

Storage temp.	Treatment	Storage time (days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	17.9	16.9	20.5	24.5	21.9
	P-1, TSQ	19.4	19.4	19.1	21.0	20.5
	P-2, FX	16.5	16.8	18.9	19.5	21.3
	P-2, TSQ	17.6	16.6	18.8	20.2	19.8
30°C	P-1, FX	23.3	22.3	18.4	20.5	19.5
	P-1, TSQ	23.5	23.5	19.7	21.5	23.1
	P-2, FX	25.1	24.1	16.3	19.3	18.0
	P-2, TSQ	31.6	27.6	20.6	21.7	22.8
40°C	P-1, FX	38.1	28.1	21.9	19.6	20.9
	P-1, TSQ	48.8	30.4	19.8	23.5	22.7
	P-2, FX	38.3	33.3	24.1	25.1	20.3
	P-2, TSQ	42.0	32.0	22.5	20.3	25.7

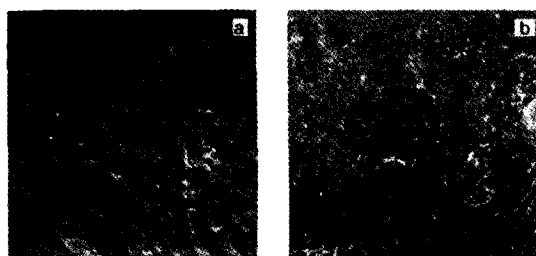
<sup>1)</sup>0 time: 77%

**Table 12.** Changes in degree of gelatinization of aseptic-packaged cooked rice after microwave reheating of 1.5 min during storage (%)

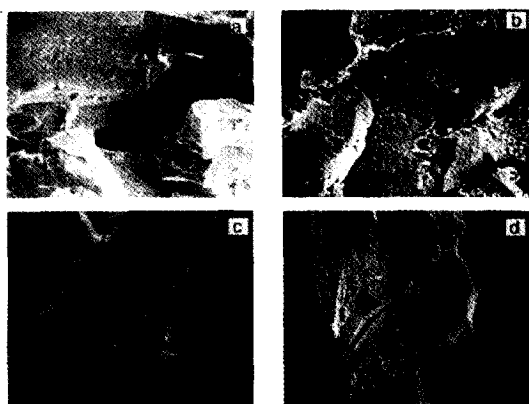
Storage temp.	Treatment	Storage time(days)				
		15	30	40	50	60
20°C	P-1, FX	52.4	60.7	52.4	54.7	60.4
	P-1, TSQ	58.8	57.2	51.6	51.6	56.4
	P-2, FX	63.5	62.0	53.5	62.0	56.8
	P-2, TSQ	62.6	64.1	48.5	64.1	57.4
30°C	P-1, FX	64.1	55.8	45.1	75.8	52.1
	P-1, TSQ	56.8	61.4	46.2	61.4	53.7
	P-2, FX	61.9	57.9	57.9	57.9	67.3
	P-2, TSQ	60.1	64.3	55.4	64.3	67.6
40°C	P-1, FX	58.4	60.2	48.6	59.2	67.1
	P-1, TSQ	63.6	62.6	48.4	62.6	58.4
	P-2, FX	63.0	54.1	57.7	44.1	51.2
	P-2, TSQ	59.4	54.4	59.3	62.3	67.4



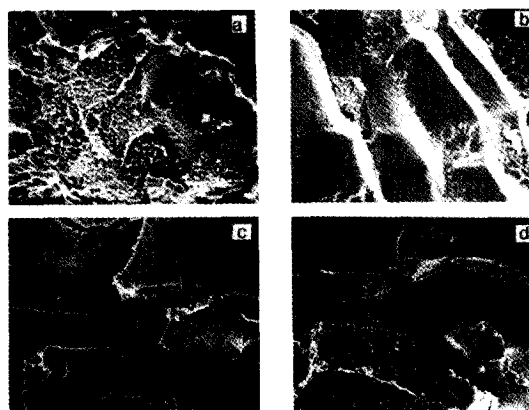
**Fig. 2.** Scanning electron micrographs (SEM) of surface of aseptic-packaged cooked rice during storage at 20°C a: 30 days storage, P-1, FX, b: 60 days storage, P-1, FX



**Fig. 3.** Scanning electron micrographs (SEM) of surface of aseptic-packaged cooked rice during storage at 20°C and microwave heating of 1.5 min a: 30 days storage, P-1, FX, b: 60 days storage, P-1, FX



**Fig. 4.** Scanning electron micrographs (SEM) of cross-section of aseptic-packaged cooked rice during storage at 20°C a: 30 days storage, P-1, FX, b: 30 days storage, P-2, FX, c: 60 days storage, P-1, FX, d: 60 days storage, P-2, FX

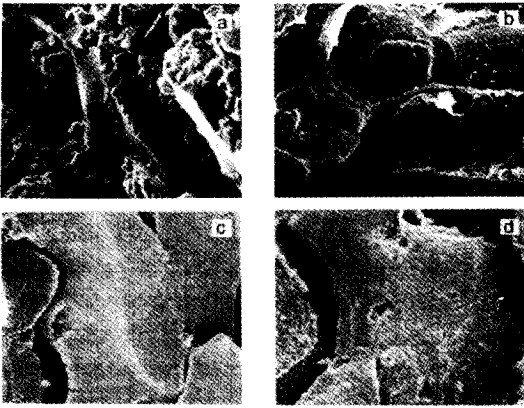


**Fig. 5.** Scanning electron micrographs (SEM) of cross-section of aseptic-packaged cooked rice during storage at 30°C a: 30 days storage, P-1, FX, b: 30 days storage, P-2, FX, c: 60 days storage, P-1, FX, d: 60 days storage, P-2, FX

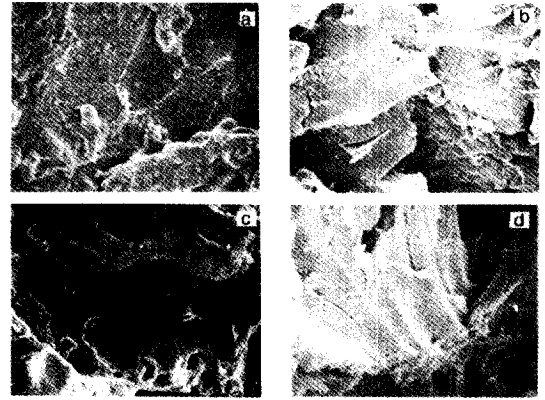
입자 덩어리가 완전히 각이 없어지고 호화가 다시 일어났음을 보여 주었다. 이는 호화도 측정값과 일치하

였다. 또한 각 포장재 모두 microwave reheating 전의 단면 구조와는 달리 전분 입자 덩어리의 경계가 없어

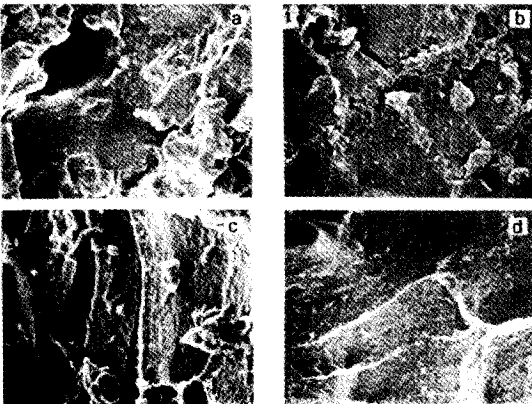




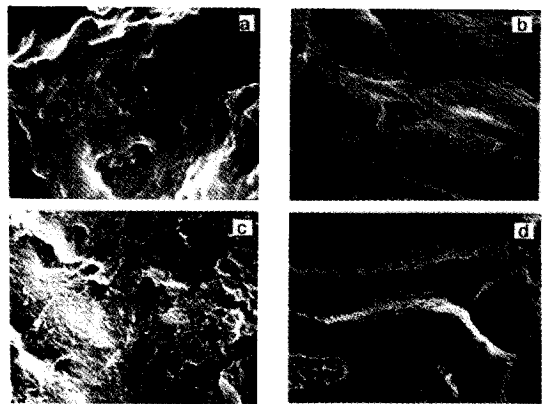
**Fig. 6.** Scanning electron micrographs (SEM) of cross-section of aseptic-packaged cooked rice during storage at 40°C a: 30 days storage, P-1, FX, b: 30 days storage, P-2, FX, c: 60 days storage, P-1, FX, d: 60 days storage, P-2, FX



**Fig. 8.** Scanning electron micrographs (SEM) of cross-section of aseptic-packaged cooked rice during storage at 30°C and microwave heating of 1.5 min a: 30 days storage, P-1, FX, b: 30 days storage, P-2, FX, c: 60 days storage, P-1, FX, d: 60 days storage, P-2, FX



**Fig. 7.** Scanning electron micrographs (SEM) of cross-section of aseptic-packaged cooked rice during storage at 20°C and microwave heating of 1.5 min a: 30 days storage, P-1, FX, b: 30 days storage, P-2, FX, c: 60 days storage, P-1, FX, d: 60 days storage, P-2, FX



**Fig. 9.** Scanning electron micrographs (SEM) of cross-section of aseptic-packaged cooked rice during storage at 40°C and microwave heating of 1.5 min a: 30 days storage, P-1, FX, b: 30 days storage, P-2, FX, c: 60 days storage, P-1, FX, d: 60 days storage, P-2, FX

지고 단면들이 호화되면서 서로 연결되는 것을 볼 수 있었다. 60일 저장 후 microwave reheating 후의 단면 구조를 살펴 본 결과, P-1 포장재구의 경우 전분 입자 구조가 붕괴되고 P-2 포장재구는 전분 입자 덩어리 또한 붕괴되어 부드러운 단면을 보여 주었다. 30일 저장구와의 차이는 60일 저장구에서 약간의 전분 입자가 보인다는 것 뿐이다. 30°C 처리구에서 30일간 저장한 처리구(Fig. 8) 또한 전분 입자 모양은 보이지 않고 호화된 것을 보여 주었고 20°C 처리구와 비교하여 차이가 나지 않았다. 또한 가열 전의 단면 구조와는 현격한 차이를 보이는데 호화된 양상이 전분 입자 덩어리

가 완전히 붕괴되었음을 보여주었다. 한편 30°C에서 60일 저장한 시료를 microwave reheating한 후 단면 구조를 살펴보면 P-1 포장재구의 경우 P-2 포장재구에 비해 부드러운 면이 많이 보이고 각이 진 부분이 적어 보였다. 특히 20°C 저장구에 비해 단면의 부드러움이 약간 증가하였다.

40°C 처리구(Fig. 9)에서는 30일간 저장한 P-1, P-2 포장재구의 경우 모두 microwave reheating으로 인하여 호화가 되었음을 보여 주었다. 특히 가열전 딱딱하고 각이 진 부분이 가열 후에는 전분 입자의 구조가 완전히 붕괴되고 특히 P-2 포장재구의 경우는 전분 입

자 덩어리가 동일하게 연결되는 것을 볼 수가 있다. 60일간 저장한 처리구는 P-1 포장재구의 경우 전분 입자가 붕괴된 것과 남아 있는 것이 동시에 존재함을 보여 주었고 P-2 포장재구의 경우는 호화가 되었으나 각진 부분이 P-1 포장재구에 비해 월등히 많음을 보여 주었다. 30일 저장구에 비해 각 처리구 모두 호화 양상의 현격한 감소를 보여 주었다.

요 약

무균포장밥의 microwave reheating 후의 품질 변화를 리드포장재, 탈산소제, 저장 온도 및 저장 기간을 달리하여 조사하였다. 가열하기 전 무균포장밥의 탄력성, 응집성, 부착성은 저장 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고 경도 및 점성은 반대로 저하되었다. 그러나 마이크로파 재가열 후에는 리드포장재, 탈산소제 및 저장 온도의 차이에 따라 조직감 특성의 큰 차이를 나타내지 않았다. 호화도는 저장 온도가 증가할수록 증가하였으며, microwave reheating에 의해 호화 정도가 취반 직후의 상태까지 복원될 수 있었다. 저장후 전자렌지에서 1.5분간 재가열한 처리구의 표면구조를 보면 포장 재료에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 가열 전보다 표면이 매끄럽지 못하고 오목한 부분이 관찰되어 전분이 다시 호화되었음을 알 수 있었다. 밥알의 단면 구조를 관찰한 결과 저장 온도가 감소함에 따라 각이 진 부분이 증가하였으며 호화된 부분이 딱딱하게 보여지고 딱찬 양상을 보임으로 노화가 이루어졌음을 나타내었다. Microwave reheating 후 단면 구조는 모든 처리구에서 딱딱하고 각이 진 부분들이 감소함으로써 다시 호화가 되었음을 보여주었다.

문 헌

1. 금준석, 이상효, 이현유, 김현정, 남영중, 김길환 : 밥공장 자동화를 위한 기술 개발 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서, G1041-0366 (1993)
2. 민병용, 이현유, 이상효 : 외국의 쌀이용 실태 조사 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서, E1150-0286 (1992)
3. (주) 日報, 조사부 : 가공미반의 현황과 장래 전망 (1993)
4. Reuter, H.: Aseptic packaging of food. In *Aseptic Packaging of Food*, Technomic Publishing Co. Inc., Penn, p. 1 (1989)

5. Rose, R.: Quality protection. In *Aseptic Processing of Food*, Technomic Publishing Co. Inc., Penn, p.297 (1993)
6. 河端俊治, 横山理雄 : 무균포장식품의 제조 관리 매뉴얼. Science Form Co., 일본 (1983)
7. Green, J.: A closer look at aseptic canning. *Food Eng. Infl.*, **3**, 21 (1978)
8. 竹永章生, 露木英男 : Prevention of lipid oxidation in roasted and groundsoybean with oxygen absorber during storage. *일본식품과학회지*, **34**, 705 (1987)
9. 김명애 : 전자렌지, 오븐의 이용과 식생활의 변화. *한국조리과학회지*, **9**, 1 (1993)
10. Copson, D. A.: Theory of microwave heating. In *Microwave Heating*, AVI Publishing Co., Westport, Conn, p.8 (1975)
11. Decareau, R. V.: Fundamentals of Microwave Heating. In *Microwave Foods : New Product Development*, Food and Nutrition Press, Inc., Trumbull, Conn, p.47 (1992)
12. Greenwood, C. T.: Observation on structure of the starch granule. In *Polysaccharides in Food*, Blanshard, J. and Mitchell, J. (Ed.), Butterworths, London, p.129 (1979)
13. Christianson, D. D., Baker, F. L., Loffredo, A. R. and Bagley, E. B.: Correlation of microscopic structure of corn starch granules with rheological properties of cooked pastes. *Food Microstructure*, **1**, 13 (1982)
14. 금준석, 이상효, 이상효, 이현유 : 무균포장밥의 저장중 품질변화에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **27**, 449 (1995)
15. 鈴木繁男, 中村道徳 : 전분과학실험법, 朝倉書店, 日本, p.171 (1979)
16. Kum, J. S.: Effect of cultivar, curing, and frozen storage on structure, composition, and physico-chemical properties of whole sweetpotatoes subjected to microwave and conventional dry heating. Ph. D. Dissertation, Mississippi State University, Mississippi State, USA (1991)
17. Juliano, B. O.: The chemical basis of rice grain quality. In *Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, Int. Rice Res. Inst. Los Banes, Laguna, p.69 (1979)
18. 신명곤, 민봉기, 이영주, 홍성희 : 쌀밥의 식미향상을 위한 취반 기술개발 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서, G1045-0364 (1993)
19. Slade, L. and Levine, H.: Recent advance in starch retrogradation. In *Recent Development in Industrial Polysaccharides*, Stivara, S. S., Crescenzi, V. and Dea, I. C. M. (Ed.), Gordon and Breach Sci., N.Y. p.96 (1987)
20. Juliano, B. O.: Properties of rice caryopsis. In *Rice Production and Utilization*, Luh, B. S. (Ed.), AVI Publishing Co., Westport, CT. (1980)
21. Lee, Y. S.: Physicochemical factors affecting cooking and eating quality of nonwaxy rice. Ph.D. Dissertation, Iowa State University, Ames, USA (1987)

(1996년 2월 21일 접수)