

## 반고형 이유식의 개발을 위한 변형 쌀가루 제조 및 이화학적 특성 I — 열-효소 처리한 쌀가루

최정선 · 손경희\*

한국식품개발연구원 산업화 연구부, \*연세대학교 식품영양학과  
(1997년 5월 20일 접수)

### Physicochemical Properties of Modified Rice Powder for Rice-Based Infant Foods — Thermal-enzymatic Treatment on Rice Powder

Jung-Sun Choi and Kyung-Hee Sohn\*

Korea Food Research Institute

\*Department of Food and Nutrition, Yonsei University

(Received May 20, 1997)

#### Abstract

The establishment of optimal producing condition for rice-based infant foods using modified rice powder was attempted. The modification of rice powder was prepared by microwave heating as well as partial enzymatic hydrolysis. Not only thermal treatment but also enzymatic hydrolysis on rice powder increased D.E. value from 1.25 to 3.81. The water binding capacity, swelling power, solubility, digestibility by  $\alpha$ -amylase, light transparency, and paste clarity of the modified rice powder compared to unmodified rice powder were increased from 107% to 249%, from 7.80 to 42.52, from 0.04% to 0.89%, from 9.19% to 23.01, from 33% to 42%, and from 2.2% to 3.9%, respectively. On the other hand, gelatinization temperature, apparent viscosity, and degree of retrogradation of modified rice powder showed negative correlation with D.E. value. The results suggested that the thermal and enzymatic treatment on rice powder improved the physicochemical properties of rice based infant food by enhancing carbohydrate absorptionability and lowering the viscosity and opacity.

#### I. 서 론

영아는 생후 5~6개월부터는 유즙만으로는 요구되는 영양소의 양을 충족시키지 못하므로 유즙이외의 이유 보충식 공급이 필요하다<sup>1)</sup>. 우리나라에서는 예로부터 쌀을 이용하여 미음, 암죽, 흰죽 등을 어린이에게 공급하여 왔는데 이는 쌀이 호화되면 물에 쉽게 용해되고 소화성이 좋으며 독특한 맛을 나타내기 때문이다. 그러나 곡분 이유식은 점성이 너무 높고 열량밀도가 낮으며, 호화액은 저장시 노화가 잘 일어난다<sup>2)</sup>. 또한 생후 4~6개월 전에는 탄수화물 소화와 관여하는 주요 효소중의 하나인 췌장  $\alpha$ -amylase의 분비가 미비한 상태이므로 섭취한 탄수화물의 소화, 흡수가 잘 이루어지지 않아 설사와 흡수 불량을 일으키는 사례가 있다<sup>3)</sup>. 본 실험에서는 쌀을 원료로한 이유식의 열량밀도를 적절히 조절하며 조기 이유에 따른 영아의 탄수화물 소화의

문제점을 개선하기 위하여 열처리와 amylase를 이용하여 쌀가루를 가수분해시킨 후 그 이화학적 특성을 조사하였다.

#### II. 실험 방법

##### 1. 실험 재료 및 시료 조제

쌀은 경기 특미로 신촌 농협 협동 조합에서 구입하였다. 쌀을 여러 번 수세하여 증류수를 7°C로 고정하여 24시간 담근 후 물기를 제거하였다. 분쇄기로 분쇄시킨 후 80 mesh 체를 통과시켜 쌀가루를 제조하였다.

##### 2. 가열 처리와 $\alpha$ -amylase를 이용한 변형 쌀가루 제조

수분 함량이 35%인 쌀가루를 비닐 봉지에 300g씩 분리하여 담은 후 밀봉하였다. 쌀가루를 전자오븐(삼성

Duo)을 이용하여 세기 강에서 0.5분, 1분, 1.5분, 2분, 2.5분간 가열 처리하였다.  $\alpha$ -amylase(Sigma A6814, from *Bacillus species*)를 pH 6.9, 0.05 M phosphate buffer에 녹여 쌀가루 용액에 쌀가루 100g 당 150 units, 1067 units, 2133 units를 첨가하여 10분간 반응시킨 후, 0.1 N HCl을 가하여 pH를 3으로 떨어뜨려 효소를 불활성시켰다. 증류수로 세척액이 중성으로 될 때까지 여러 번 세척하여 30°C의 열풍에서 건조한 후 냉동 보관하면서 시료로 이용하였다.

### 3. $\alpha$ -amylase를 이용한 변형 쌀가루의 가수분해율 (D.E. value)

환원당은 DNS 방법으로, 총당은 phenol-sulfuric acid 방법을 사용하여 정량한 후 가수분해율을 계산하였다. 표준 곡선은 maltose를 사용하여 작성하였다.

$$D.E. = \frac{\text{환원당량}}{\text{총 당량}} \times 100$$

### 4. 변형 쌀가루의 호화 특성

#### 1) Amylogram 특성

Medcalf<sup>6)</sup> 등의 방법으로 Brabender visco-amylograph를 이용하여 구하였다. 쌀의 농도를 건량 기준으로 8%(w/v)로 하여 온도를 1.5°C/min 속도로 30°C부터 95°C까지 가열하고 95°C에서 15분간 유지시켰다가 1.5°C/min 속도로 냉각시켰다.

#### 2) 온도에 따른 빛 투과도 측정

Wilson<sup>9)</sup> 등의 방법을 변형하여 0.3%(w/v)의 시료 용액을 visco-amylograph를 이용하여 30°C에서 95°C까지 1.5°C/min 속도로 상승시키면서 5°C 간격으로 일정량을 취하여 625 nm에서 빛 투과도를 측정하였다.

### 5. 호화액의 특성

#### 1) 호화액의 투광도

쌀가루 시료 용액을 농도 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0%로 제조하여 끓는 물에서 30분간 가열한 후 1시간 동안 방냉하여 실온으로 냉각시켜 625 nm에서 빛 투과도를 측정하였다.

#### 2) 점도 측정

Brookfield viscometer(Model: DV-II)를 이용하여 호화시킨 쌀가루의 시료 용액 농도를 2.5~10% 되도록 제조하여, 25°C에서 #4 spindle로 60 rpm에서 측정하여 centipoise(cp)로 나타내었다.

### 6. 노화도 측정

쌀가루를 100°C에서 30분간 가열하여 완전 호화시킨

후 4°C에서 4일간 저장한 후 Chiang<sup>6)</sup>과 최<sup>7)</sup> 등의 방법을 변형하여 glucoamylase를 이용한 효소적 방법으로 측정하였다.

### 7. Gel의 이장을 측정

6.25% 쌀가루 현탁액을 100°C에서 30분간 가열하여 완전 호화시킨 후 실온으로 냉각시켜 40 ml screw cap tube에 넣어 정확하게 무게를 잰 후 뚜껑을 잘 닫아 4°C에서 4일간 저장하여 1,500 rpm에서 15분 동안 원심분리하여 위에 분리되는 수분량을 측정하여 이장율을 계산하였다.

### 8. 소화도 측정

Biliaderis<sup>8)</sup>와 육<sup>9)</sup> 등의 방법을 변형하여 측정하였다. 쌀가루 1g에 증류수 95 ml를 가한 후 95°C에서 30분간 호화시켰다. 실온으로 냉각시킨 후 증류수를 가하여 최종 부피를 100 ml로 하여 호화 용액을 제조하였다. 생 쌀가루 용액은 쌀가루 1g에 증류수를 가하여 100 ml로 하여 제조하였다. 2 ml 시료 용액을 15 ml test tube에 취하여  $\alpha$ -amylase(Sigma A0521) 0.1 ml(3.2 × 10<sup>-3</sup> units)를 가한 후 37°C 항온 수조에서 반응시간 0.5, 1시간 간격으로 1 ml 반응액을 취하여 환원당을 DNS 방법으로 정량하였다.

### 9. 이화화 특성

#### 1) 물 결합 능력

Sathe<sup>10)</sup>와 Medcalf<sup>4)</sup> 등의 방법으로 측정하였다.

#### 2) Blue value

Gilbert와 Spragy<sup>11)</sup> 등의 방법으로 측정하였다.

#### 3) Alkali number

Schoh<sup>12)</sup> 등의 방법에 의해 측정하였다.

#### 4) 용해도와 팽윤력

Leach<sup>13)</sup> 등의 방법을 변형하여 65~85°C의 범위에서 10°C 간격으로 측정하였다.

### 10. 통계 분석

실험 결과는 SAS package를 이용하여 분산분석하여 Duncan test로 유의성 검정을 하였다.

## III. 실험 결과 및 고찰

### 1. $\alpha$ -amylase를 이용한 변형 쌀가루의 가수 분해율 (D.E. value)

전자 오븐에 의한 가열시간과  $\alpha$ -amylase 첨가 함량에 따른 가수분해율을 Fig. 1에 나타내었다.  $\alpha$ -amylase의 농도가 쌀 100g 당 150, 1067, 2133 units로 증가함에

따라 가수분해율은 0에서 0.25, 1.19, 1.51로 증가하였으며 가열시간이 증가함에 따라 가수분해율은 증가하여

2.5분 가열 처리시  $\alpha$ -amylase 농도가 증가함에 따라 가수분해율은 0.82, 2.25, 3.81로 증가하였다.

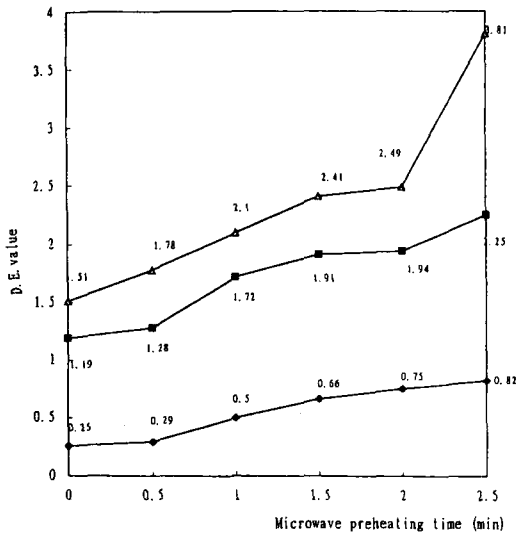


Fig. 1. D.E. value of rice powder hydrolysed with  $\alpha$ -amylase by different preheating time and enzyme concentration.

◆—◆  $\alpha$ -amylase 150 units/100g rice, ■—■  $\alpha$ -amylase 1067 units/100g rice, △—△  $\alpha$ -amylase 2133 units/100g rice

2. 변형 쌀가루의 호화 특성

1) Amylogram 특성

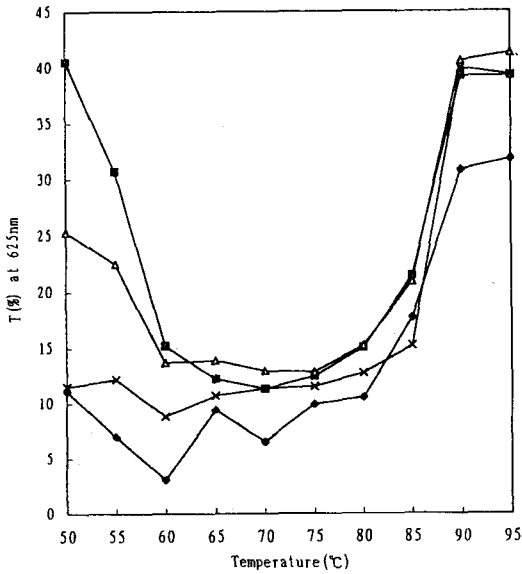
가열 처리한 후  $\alpha$ -amylase를 이용하여 가수분해 시킨 결과, 가열 처리 시간과 효소 처리 정도가 증가함에 따라 호화 개시 온도, 최고 점도가 크게 감소하였다(Table 1).  $\alpha$ -amylase로 가수분해됨에 따라 호화 개시 온도가 감소되어 D.E. value 0.25에서 66.7°C이었으나 D.E. value 1.51에서는 57°C로 감소되었으며 가열과 효소 처리를 동시에 하였을 때, D.E. value가 3.81로 증가함에 따라 호화 개시 온도가 50.5°C까지 감소되었다. 95°C에서의 최고 점도는  $\alpha$ -amylase에 의한 가수분해율이 증가됨에 따라 감소되어 D.E. value 0.25에서는 148 B.U.이었으나 D.E. value 3.81에서는 95 B.U.로 감소되었다. 55°C 냉각 후 점도는 더 감소되어 D.E. value 3.81에서 30 B.U.로 나타났다.

2) 온도에 따른 빛 투과도 측정

열처리와 효소 처리에 의한 가수분해 정도에 따른 빛 투과도 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 70°C까지는 거의 일정한 값을 유지하다가 70°C부터 빛 투과도가 증가하였다. 이는  $\alpha$ -amylase로 가수분해시킨 쌀가루의 호화

Table 1. Brabender visco-amylogram of rice powder treated with microwave preheating and/or  $\alpha$ -amylase of 8% (w/v)

Preheating, Microwave (min)	Enzyme concentration (units/100g rice)	Initial pasting temp. (°C)	Peak height (B.U.)	Peak temp (°C)	Viscosity at 95°C (B.U.)	15 min, height (B.U.)	Viscosity at 55°C (B.U.)
0	150	66.7	148	92.0	148	30	40
	1067	65.0	120	92.2	120	30	38
	2133	57.0	120	92.2	120	17	26
0.5	150	66.5	180	90.5	144	30	30
	1067	64.5	140	91.0	140	15	31.5
	2133	50.5	118	93.0	118	17	30
1	150	66.0	190	91.0	260	25	30
	1067	66.0	158	92.2	135	20	30
	2133	56.0	35	90.6	124	31	30
1.5	150	66.0	208	92.0	140	38	44
	1067	67.0	170	90.5	135	16	45
	2133	54.0	155	91.5	134	22	35
2.0	150	66.0	185	90.5	110	30	38
	1067	65.0	152	90.3	108	32	32
	2133	56.0	115	92.0	110	25	30
2.5	150	65.5	108	91.5	108	40	36
	1067	63.0	123	92.3	108	35	34
	2133	50.5	95	92.2	95	20	30



**Fig. 2.** Changes of light transparency of rice powder treated with  $\alpha$ -amylase during heating at the rate of 1.5°C/min.  
 ◆—◆ D.E. value 0.00, ■—■ D.E. value 0.25, △—△ D.E. value 1.19, ×—× D.E. value 1.51

개시 온도가 70°C 부근임을 나타내는 것으로 visco-amylograph를 이용해 측정된 값보다 다소 높게 나타났다. D.E. value가 높을수록 일정 온도에서의 빛 투과도는 다소 높게 나타났으나 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

김<sup>14)</sup> 등의 연구 결과에 의하면  $\alpha$ -amylase의 가수분해에 의해 제조된 maltodextrin의 빛 투과도는 40~60°C 사이에서 급격히 증가하였고, D.E. value가 높을수록 일정 온도에서의 빛 투과도가 높은 것으로 나타났다.

**3. 변형 쌀가루 호화액의 특성**

1) 호화액의 투광도

$\alpha$ -amylase에 의한 가수분해 정도가 높을수록 쌀가루의 투명도가 향상되는 것으로 나타났으며(Table 2) 1.0%의 호화용액을 4°C에서 4일간 방치한 후 측정하여도 감소되는 정도가 열처리와 효소처리 하지 않은 쌀가루에 비해 적은 것으로 나타났다. 전분 호화액의 투광도는 호화액의 분산 상태와 노화도를 나타내는 것으로 전분 가수분해 효소인  $\alpha$ -amylase에 의해 amylose가 가수분해되어 분자간의 재결합이 억제되므로 노화가 지연되어 투광도가 높게 나타나는 것으로 사료된다.

**Table 2.** Light transparency of rice pastes treated with preheating and/or  $\alpha$ -amylase

Preheating, Microwave (min)	Enzyme concentration (units/100g rice)	Solid Concentration (%)				
		1 hr				
		0.2(M± SD)	0.4(M± SD)	0.6(M± SD)	0.8(M± SD)	1.0(M± SD)
0	150	45.8± 0.05 <sup>a</sup>	16.0± 1.73 <sup>a</sup>	6.2± 0.23 <sup>a</sup>	3.5± 0.10 <sup>a</sup>	2.2± 0.15 <sup>a</sup>
	1067	47.6± 0.20 <sup>ab</sup>	15.9± 0.85 <sup>a</sup>	6.6± 0.05 <sup>abc</sup>	3.7± 0.10 <sup>ab</sup>	2.5± 0.11 <sup>ab</sup>
	2133	49.7± 0.26 <sup>bcd</sup>	15.6± 3.68 <sup>a</sup>	7.5± 0.11 <sup>def</sup>	4.2± 0.80 <sup>bc</sup>	2.6± 0.10 <sup>ab</sup>
0.5	150	47.8± 1.00 <sup>abc</sup>	15.7± 1.05 <sup>a</sup>	6.5± 0.63 <sup>ab</sup>	3.7± 0.10 <sup>ab</sup>	2.4± 0.05 <sup>ab</sup>
	1067	51.2± 0.49 <sup>cde</sup>	19.2± 0.32 <sup>bc</sup>	7.2± 0.47 <sup>bcd</sup>	4.1± 0.11 <sup>abc</sup>	2.5± 0.00 <sup>ab</sup>
	2133	54.7± 1.60 <sup>ef</sup>	20.4± 0.87 <sup>c</sup>	7.4± 0.19 <sup>bcdef</sup>	4.6± 0.05 <sup>bc</sup>	2.9± 1.15 <sup>cd</sup>
1	150	49.7± 1.15 <sup>bcd</sup>	18.1± 2.10 <sup>abc</sup>	7.0± 0.40 <sup>abcd</sup>	3.9± 0.23 <sup>ab</sup>	2.5± 0.05 <sup>ab</sup>
	1067	51.2± 0.60 <sup>cde</sup>	17.3± 0.75 <sup>ab</sup>	7.2± 0.45 <sup>bcd</sup>	3.9± 0.15 <sup>ab</sup>	2.6± 0.11 <sup>ab</sup>
	2133	50.5± 1.40 <sup>bcd</sup>	19.1± 0.64 <sup>bc</sup>	7.7± 0.30 <sup>def</sup>	4.6± 0.35 <sup>c</sup>	2.8± 0.20 <sup>ab</sup>
1.5	150	51.2± 3.14 <sup>cde</sup>	15.7± 1.15 <sup>a</sup>	7.5± 0.28 <sup>def</sup>	3.9± 0.05 <sup>abc</sup>	2.6± 0.15 <sup>ab</sup>
	1067	54.6± 2.99 <sup>ef</sup>	19.7± 0.25 <sup>bc</sup>	7.4± 0.60 <sup>bcd</sup>	4.0± 0.25 <sup>abc</sup>	2.8± 0.66 <sup>ab</sup>
	2133	59.6± 1.80 <sup>h</sup>	23.6± 1.83 <sup>d</sup>	7.6± 0.10 <sup>def</sup>	4.6± 0.32 <sup>c</sup>	2.7± 0.23 <sup>bc</sup>
2	150	52.0± 0.95 <sup>de</sup>	18.8± 0.95 <sup>bc</sup>	7.4± 0.20 <sup>cdef</sup>	4.3± 0.55 <sup>bc</sup>	2.7± 0.05 <sup>ab</sup>
	1067	54.3± 2.34 <sup>ef</sup>	20.3± 0.45 <sup>c</sup>	7.5± 0.40 <sup>def</sup>	4.6± 0.15 <sup>c</sup>	3.3± 0.98 <sup>bc</sup>
	2133	58.6± 1.06 <sup>gh</sup>	28.3± 1.51 <sup>e</sup>	8.0± 0.23 <sup>ef</sup>	5.3± 0.70 <sup>d</sup>	3.4± 0.10 <sup>d</sup>
2.5	150	55.8± 1.72 <sup>fg</sup>	18.6± 0.26 <sup>bc</sup>	8.2± 0.70 <sup>fg</sup>	4.4± 0.28 <sup>bc</sup>	3.2± 0.32 <sup>ab</sup>
	1067	57.1± 4.09 <sup>gh</sup>	19.9± 0.72 <sup>c</sup>	8.8± 0.17 <sup>g</sup>	4.9± 0.26 <sup>c</sup>	3.6± 0.36 <sup>cd</sup>
	2133	56.3± 2.74 <sup>gh</sup>	24.8± 0.61 <sup>g</sup>	11.0± 1.00 <sup>h</sup>	5.4± 0.30 <sup>d</sup>	3.8± 0.10 <sup>d</sup>
p value	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	

※a, b, c, d, e, f: Values with different letters in a same column are Significantly different  
 1. M± SD: Mean ± Standard Deviation

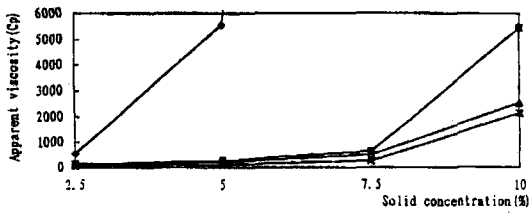


Fig. 3. Apparent viscosity of rice hydrolysed with  $\alpha$ -amylase at different solid concentration.

◆—◆  $\alpha$ -amylase 150 units/100g rice, ■—■  $\alpha$ -amylase 1067 units/100g rice,  $\triangle$ — $\triangle$   $\alpha$ -amylase 2133 units/100 g rice

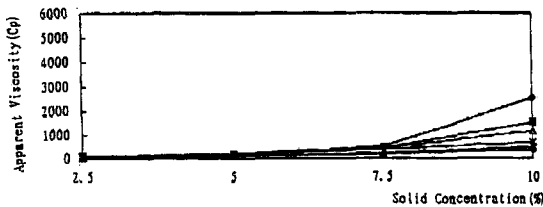


Fig. 4. Apparent viscosity of rice at different solid concentration.

( $\alpha$ -amylase 1067 units/100g rice)

◆—◆ 0 min, ■—■ 0.5 min,  $\triangle$ — $\triangle$  1 min,  $\times$ — $\times$  1.5 min, \*—\* 2 min, ●—● 2.5 min

2) 점도

$\alpha$ -amylase를 첨가하여 쌀가루를 가수분해 시켰을 때 점도가 크게 낮아짐을 알 수 있었다(Fig. 3). 쌀 100g당 2133 units의 효소를 첨가하였을 때 효소 처리하지 않은 시료에 비해 점도가 1/4~1/5 수준으로 감소되는 것으로 나타났다. 이는 amylase 첨가에 의해 전분이 가수분해되어 저분자화 되었기 때문인 것으로 사료된다. Fig. 4는 1067 units의 효소를 처리하였을 때 가열 시간에 따른 점도 변화를 나타내는 것으로 가열 시간이 증가할수록 효소에 의한 가수분해 정도가 증가하여 점도가 크게 감소하는 것으로 나타났다.

4. 변형 쌀가루의 노화도

가열 처리와 효소 처리 정도에 따라 노화도는 감소되어 쌀 100g당 효소 150, 1067, 2133 units를 작용시키면 노화도는 28.7에서 27.9, 26.4, 23.4로 감소하였으며 가열 시간이 증가함에 따라 노화도는 감소되어 가열 처리를 2.5분 하였을 때, 노화도는 효소 농도에 따라 25.9, 23.0, 19.5로 더 많이 감소되었다. 효소처리에 따른 glucoamylase 가수분해율의 증가는 효소 처리로 무정형의 amylose가 먼저 분해되어 전분 표면에 흡수 있는 거친 표면이 증가하여 glucoamylase의 흡착이 쉬워졌기 때문이다(Fig. 5).

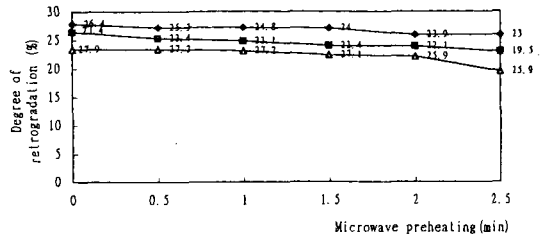


Fig. 5. Degree of retrogradation of rice powder treated with microwave preheating and/or  $\alpha$ -amylase by glucoamylase.

◆—◆  $\alpha$ -amylase 150 units/100g rice, ■—■  $\alpha$ -amylase 1067 units/100g rice,  $\triangle$ — $\triangle$   $\alpha$ -amylase 2133 units/100 g rice

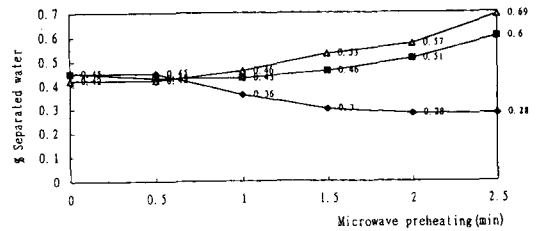


Fig. 6. Syneresis of pastes of rice powder treated with microwave preheating and/or  $\alpha$ -amylase.

◆—◆  $\alpha$ -amylase 150 units/100g rice, ■—■  $\alpha$ -amylase 1067 units/100g rice,  $\triangle$ — $\triangle$   $\alpha$ -amylase 2133 units/100 g rice

5. 변형 쌀가루 gel의 이장율

쌀 100g 당  $\alpha$ -amylase 150 units를 작용시켰을 때 이장율은 감소하였다. 쌀 100g당  $\alpha$ -amylase 1067, 2133 units 작용시 열처리 0.5분 하였을 때는 이장율이 감소였으나 1분 이상으로 열처리 시간이 증가함에 따라 이장율은 증가하였다(Fig. 6). 이는 열처리 시간과 효소 농도가 증가함에 따라 쌀가루의 가수 분해율이 증가되어 점도가 감소됨으로써 나타나는 결과로 사료된다.

6. 변형 쌀가루의 소화도

열처리와 효소 처리에 의해 소화율이 증가하였다 (Table 3). 생 쌀가루의 경우  $\alpha$ -amylase에 의한 가수분해 정도는 효소 작용시간 0.5시간과 1시간후에 변형 쌀가루의 D.E. value가 증가할수록 증가하였으며 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 호화시킨 쌀가루에  $\alpha$ -amylase를 1시간 작용시켰을 때, 변형 쌀가루의 D.E. value가 증가함에 따라 소화율은 67.02%에서 87.61%로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 열처리와 효소에 의해 쌀가루의 반응면이 노출되면서 소화 효소의 작용을 더 용이하게 받기 때문인 것으로 사료된다.

**Table 3.** Digestibility of rice treated with preheating and/or  $\alpha$ -amylase by human saliva  $\alpha$ -amylase

Preheating, Microwave concentration (min)	Enzyme concentration (units/100g rice)	Raw Rice			Gelatinized Rice		
		0 hr (M± SD)	1/2 hr (M± SD)	1 hr (M± SD)	0 hr (M± SD)	1/2 hr (M± SD)	1 hr (M± SD) <sup>1</sup>
0	150	1.53± 0.072 <sup>a</sup>	5.00± 0.202 <sup>a</sup>	14.63± 1.095 <sup>a</sup>	2.93± 0.458 <sup>a</sup>	22.81± 0.121 <sup>a</sup>	67.02± 2.178 <sup>a</sup>
	1067	2.31± 0.125 <sup>cd</sup>	5.39± 0.083 <sup>abc</sup>	14.58± 0.736 <sup>a</sup>	3.61± 0.598 <sup>bc</sup>	26.90± 1.548 <sup>bc</sup>	71.32± 2.232 <sup>ab</sup>
	2133	2.68± 0.075 <sup>ef</sup>	5.71± 0.246 <sup>bcd</sup>	15.60± 0.207 <sup>ab</sup>	4.36± 0.833 <sup>de</sup>	30.04± 0.346 <sup>cd</sup>	76.11± 1.910 <sup>ab</sup>
0.5	150	1.69± 0.025 <sup>ab</sup>	5.14± 0.329 <sup>a</sup>	14.68± 0.248 <sup>a</sup>	3.32± 0.153 <sup>ab</sup>	24.58± 2.118 <sup>ab</sup>	68.64± 1.472 <sup>ab</sup>
	1067	2.51± 0.106 <sup>de</sup>	5.82± 0.210 <sup>cd</sup>	15.57± 0.996 <sup>ab</sup>	4.20± 0.145 <sup>cd</sup>	28.13± 0.040 <sup>bcd</sup>	73.09± 5.490 <sup>ab</sup>
	2133	3.02± 0.139 <sup>e</sup>	6.26± 0.309 <sup>f</sup>	17.16± 0.796 <sup>cde</sup>	4.52± 0.341 <sup>de</sup>	31.42± 0.511 <sup>de</sup>	80.14± 1.288 <sup>ac</sup>
1	150	1.73± 0.031 <sup>ab</sup>	5.30± 0.060 <sup>ab</sup>	15.13± 0.581 <sup>a</sup>	3.51± 0.036 <sup>ab</sup>	27.32± 0.139 <sup>bc</sup>	70.61± 1.649 <sup>b</sup>
	1067	2.73± 0.062 <sup>f</sup>	5.81± 0.234 <sup>cde</sup>	17.24± 0.491 <sup>cde</sup>	4.18± 0.216 <sup>cd</sup>	28.57± 0.633 <sup>cd</sup>	71.29± 0.575 <sup>bc</sup>
	2133	3.39± 0.263 <sup>hi</sup>	6.83± 0.104 <sup>e</sup>	18.22± 0.841 <sup>e</sup>	4.69± 0.110 <sup>de</sup>	34.65± 1.118 <sup>ef</sup>	80.61± 1.760 <sup>cd</sup>
1.5	150	1.80± 0.075 <sup>b</sup>	5.62± 0.055 <sup>bc</sup>	16.57± 0.193 <sup>bc</sup>	3.50± 0.259 <sup>ab</sup>	27.72± 4.347 <sup>bcd</sup>	71.53± 3.056 <sup>cd</sup>
	1067	3.08± 0.040 <sup>e</sup>	5.81± 0.085 <sup>de</sup>	17.34± 0.340 <sup>cde</sup>	4.62± 0.195 <sup>de</sup>	33.58± 1.129 <sup>ef</sup>	72.22± 3.492 <sup>ef</sup>
	2133	3.47± 0.056 <sup>i</sup>	7.27± 0.029 <sup>b</sup>	19.52± 0.568 <sup>f</sup>	4.80± 0.275 <sup>def</sup>	36.15± 0.635 <sup>f</sup>	81.24± 0.704 <sup>bd</sup>
2.0	150	2.15± 0.084 <sup>c</sup>	6.13± 0.116 <sup>ef</sup>	16.74± 0.104 <sup>bcd</sup>	3.69± 0.276 <sup>bc</sup>	27.98± 1.603 <sup>bcd</sup>	71.55± 0.985 <sup>ab</sup>
	1067	3.21± 0.156 <sup>gh</sup>	6.29± 0.142 <sup>f</sup>	17.95± 0.240 <sup>de</sup>	4.69± 0.282 <sup>de</sup>	34.29± 0.857 <sup>ef</sup>	74.09± 3.253 <sup>e</sup>
	2133	3.72± 0.197 <sup>j</sup>	7.73± 0.211 <sup>i</sup>	20.56± 1.023 <sup>f</sup>	5.00± 0.181 <sup>ef</sup>	36.92± 0.546 <sup>f</sup>	82.85± 4.696 <sup>gh</sup>
2.5	150	2.44± 0.156 <sup>d</sup>	6.18± 0.271 <sup>ef</sup>	16.79± 0.200 <sup>bcd</sup>	3.72± 0.221 <sup>bc</sup>	29.01± 1.076 <sup>cd</sup>	76.29± 2.948 <sup>k</sup>
	1067	3.57± 0.093 <sup>ij</sup>	8.59± 0.452 <sup>j</sup>	18.82± 0.865 <sup>e</sup>	4.58± 0.313 <sup>cd</sup>	36.56± 1.936 <sup>f</sup>	82.56± 3.010 <sup>gh</sup>
	2133	4.29± 0.061 <sup>k</sup>	9.00± 0.455 <sup>k</sup>	23.01± 0.965 <sup>e</sup>	5.38± 0.331 <sup>f</sup>	46.08± 5.8141 <sup>e</sup>	87.61± 2.295 <sup>h</sup>
p value		<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05

※ a, b, c, d, e, f, g, h, i, j: Values with different letters in a same column are Significantly different  
1. M± SD: Mean± Standard Deviation

**Table 4.** Physicochemical properties of rice powder treated with microwave preheating and/or  $\alpha$ -amylase

Preheating, Microwave (min)	Enzyme concentration (units/100g rice)	Water Binding Capacity (%) (M± SD)	Blue value (M± SD)	Alkali number (M± SD) <sup>1</sup>
0	150	109± 1.4 <sup>a</sup>	0.42± 0.00 <sup>e</sup>	8.4± 0.00 <sup>a</sup>
	1067	156± 7.8 <sup>cd</sup>	0.40± 0.01 <sup>e</sup>	9.4± 0.07 <sup>ab</sup>
	2133	177± 5.7 <sup>ef</sup>	0.39± 0.02 <sup>bc</sup>	9.6± 0.14 <sup>ab</sup>
0.5	150	129± 11.3 <sup>ab</sup>	0.41± 0.04 <sup>e</sup>	8.4± 0.42 <sup>a</sup>
	1067	135± 0.0 <sup>b</sup>	0.40± 0.01 <sup>e</sup>	9.6± 0.14 <sup>ab</sup>
	2133	187± 7.8 <sup>de</sup>	0.37± 0.04 <sup>cd</sup>	10.0± 0.28 <sup>ab</sup>
1	150	143± 0.7 <sup>bc</sup>	0.39± 0.00 <sup>ef</sup>	9.2± 0.07 <sup>ab</sup>
	1067	175± 9.2 <sup>ef</sup>	0.38± 0.00 <sup>de</sup>	11.2± 2.55 <sup>abc</sup>
	2133	197± 17.0 <sup>gh</sup>	0.35± 0.02 <sup>b</sup>	23.3± 1.84 <sup>e</sup>
1.5	150	143± 5.7 <sup>bc</sup>	0.38± 0.00 <sup>e</sup>	9.6± 0.71 <sup>ab</sup>
	1067	173± 2.8 <sup>def</sup>	0.33± 0.05 <sup>ab</sup>	12.0± 0.00 <sup>bcd</sup>
	2133	207± 11.3 <sup>h</sup>	0.32± 0.00 <sup>a</sup>	25.6± 2.26 <sup>gh</sup>
2	150	161± 14.1 <sup>cde</sup>	0.37± 0.01 <sup>cde</sup>	13.6± 1.98 <sup>cde</sup>
	1067	199± 9.2 <sup>sh</sup>	0.32± 0.00 <sup>a</sup>	16.0± 1.41 <sup>ef</sup>
	2133	228± 4.2 <sup>i</sup>	0.31± 0.00 <sup>a</sup>	28.2± 1.70 <sup>hi</sup>
2.5	150	147± 2.1 <sup>bc</sup>	0.36± 0.01 <sup>bc</sup>	14.8± 0.42 <sup>de</sup>
	1067	239± 9.2 <sup>j</sup>	0.32± 0.01 <sup>a</sup>	18.0± 2.69 <sup>f</sup>
	2133	249± 2.1 <sup>j</sup>	0.30± 0.01 <sup>a</sup>	30.2± 0.28 <sup>i</sup>
p value		<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.05

※ a, b, c, d, e, f, g, h, i, j: Values with different letters in a same column are significantly different.  
1. M± SD: Mean± Standard deviation.

**Table 5.** Changes in solubility and swelling power of rice treated with preheating and/or  $\alpha$ -amylase

Preheating (min)	Enzyme concentration (units/100 grice)	65°C		75°C		85°C	
		Sol (%) (M±SD)	SP (M±SD)	Sol (%) (M±SD)	SP (M±SD)	Sol (%) (M±SD)	SP (M±SD) <sup>1</sup>
0	150	0.06±0.01 <sup>a</sup>	1.16±0.09 <sup>a</sup>	0.14±0.04 <sup>a</sup>	6.30±1.44 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	10.58±1.66 <sup>a</sup>
	1067	0.12±0.01 <sup>bcd</sup>	7.37±0.06 <sup>de</sup>	0.19±0.01 <sup>ab</sup>	8.86±0.37 <sup>b</sup>	0.26±0.03 <sup>a</sup>	12.06±0.76 <sup>ab</sup>
	2133	0.14±0.02 <sup>bcd</sup>	6.63±0.01 <sup>cd</sup>	0.22±0.01 <sup>bcd</sup>	11.48±2.31 <sup>cde</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	12.66±0.03 <sup>ab</sup>
0.5	150	0.10±0.01 <sup>ab</sup>	4.57±0.23 <sup>b</sup>	0.19±0.01 <sup>ab</sup>	8.78±0.06 <sup>b</sup>	0.26±0.01 <sup>a</sup>	12.76±0.71 <sup>ab</sup>
	1067	0.15±0.03 <sup>cd</sup>	7.13±1.26 <sup>de</sup>	0.27±0.01 <sup>cde</sup>	12.41±0.78 <sup>def</sup>	0.32±0.02 <sup>ab</sup>	15.40±0.99 <sup>bcd</sup>
	2133	0.15±0.00 <sup>cd</sup>	6.99±0.30 <sup>cde</sup>	0.31±0.02 <sup>ef</sup>	13.44±0.54 <sup>efg</sup>	0.38±0.01 <sup>ab</sup>	17.14±0.69 <sup>cd</sup>
1	150	0.12±0.06 <sup>bc</sup>	4.32±1.36 <sup>b</sup>	0.21±0.01 <sup>bc</sup>	9.84±0.05 <sup>bc</sup>	0.30±0.01 <sup>abc</sup>	16.66±0.64 <sup>cd</sup>
	1067	0.13±0.01 <sup>bcd</sup>	5.89±0.18 <sup>c</sup>	0.28±0.00 <sup>de</sup>	13.72±0.00 <sup>efgh</sup>	0.38±0.01 <sup>ab</sup>	18.07±1.48 <sup>cde</sup>
	2133	0.16±0.00 <sup>cd</sup>	7.51±0.25 <sup>defg</sup>	0.35±0.04 <sup>fg</sup>	15.19±0.70 <sup>ghi</sup>	0.48±0.05 <sup>abc</sup>	23.10±2.67 <sup>fg</sup>
1.5	150	0.16±0.01 <sup>cd</sup>	7.60±0.35 <sup>de</sup>	0.21±0.04 <sup>bc</sup>	9.44±0.64 <sup>bc</sup>	0.33±0.02 <sup>ab</sup>	15.74±0.78 <sup>bcd</sup>
	1067	0.22±0.01 <sup>e</sup>	10.12±0.00 <sup>f</sup>	0.30±0.02 <sup>ef</sup>	14.25±1.25 <sup>fgh</sup>	0.43±0.03 <sup>abc</sup>	21.17±1.06 <sup>ef</sup>
	2133	0.30±0.01 <sup>f</sup>	13.80±0.85 <sup>g</sup>	0.34±0.01 <sup>efg</sup>	15.91±0.37 <sup>hi</sup>	0.54±0.07 <sup>bc</sup>	24.00±4.62 <sup>fg</sup>
2	150	0.16±0.01 <sup>cd</sup>	7.50±0.21 <sup>de</sup>	0.22±0.01 <sup>bcd</sup>	10.12±0.65 <sup>bc</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>	11.96±0.50 <sup>ab</sup>
	1067	0.21±0.01 <sup>e</sup>	9.96±0.23 <sup>f</sup>	0.29±0.01 <sup>ef</sup>	14.18±0.74 <sup>fg</sup>	0.46±0.05 <sup>abc</sup>	19.32±1.78 <sup>de</sup>
	2133	0.31±0.00 <sup>fg</sup>	14.73±0.22 <sup>g</sup>	0.38±0.01 <sup>g</sup>	17.16±0.62 <sup>i</sup>	0.30±0.41 <sup>ab</sup>	26.42±2.32 <sup>gh</sup>
2.5	150	0.17±0.01 <sup>d</sup>	8.09±0.35 <sup>e</sup>	0.22±0.04 <sup>b</sup>	10.42±1.56 <sup>bcd</sup>	0.34±0.01 <sup>ab</sup>	14.24±0.54 <sup>abc</sup>
	1067	0.29±0.01 <sup>f</sup>	13.82±0.14 <sup>g</sup>	0.44±0.01 <sup>h</sup>	20.86±0.31 <sup>j</sup>	0.65±0.02 <sup>c</sup>	28.98±1.78 <sup>h</sup>
	2133	0.34±0.00 <sup>g</sup>	16.22±0.15 <sup>h</sup>	0.53±0.08 <sup>i</sup>	34.45±1.77 <sup>k</sup>	0.89±0.01 <sup>d</sup>	42.52±0.40 <sup>i</sup>
p value		<i>p</i> <0.05		<i>p</i> <0.05		<i>p</i> <0.05	

\* a, b, c, d, e, f, g, h, i, j : Values with different letters in a same column are Significantly different

1. M±SD: Mean±Standard Deviation

## 7. 변형 쌀가루의 이화학적 특성

### 1) 물결합능력

D.E. value 0.25에서는 109%였고 D.E. value가 3.81이 되었을 때 249%로 증가하여 유의적인 차이를 나타냈다(Table 4). Halick<sup>15)</sup> 등은 전분 입자의 내부 치밀도가 낮을수록 물결합 능력이 증가한다고 보고하였다.

### 2) Blue value

Blue value는 열처리 시간과 효소 농도에 따라 가수분해율이 증가됨에 따라 감소되었다. D.E. value 0.25에서는 0.42였으나, D.E. value가 3.81이 되었을 때 0.30으로 감소된 것으로 나타났다. 이는 열처리 시간과  $\alpha$ -amylase 효소 작용에 의해 amylose가 분해되었기 때문인 것으로 사료된다(Table 4).

### 3) Alkali number

쌀가루의 가수분해율이 증가됨에 따라 alkali수는 증가되었다. D.E. value 0.25에서는 8.4이었고 D.E. value 2.25에서는 18.0으로 증가하였으며 D.E. value 3.81에서는 30.2로 급격히 증가하였다(Table 4).

### 4) 용해도와 팽윤력

쌀가루의 가수분해 정도가 증가함에 따라 용해도와

팽윤력은 증가하는 경향을 보였으며 유의적인 차이를 나타내었다(Table 5). D.E. value가 0.25에서 3.81로 증가함에 따라 65°C에서의 용해도와 팽윤력은 0.06%와 1.16에서 0.34%와 16.22로 급격히 증가하였으며 온도가 75°C, 85°C로 증가함에 따라 용해도와 팽윤력은 증가하여, 85°C에서 D.E. value 3.81인 변형 쌀가루의 용해도는 0.89%, 팽윤력은 42.52로 증가한 것으로 나타났다. 이는 쌀가루의 가수분해 정도가 증가함에 따라 중합도가 감소하였기 때문인 것으로 이<sup>16)</sup> 등의 연구 보고에 의하면 amylase를 첨가하여 압출미분을 제조하였을 때 수용성 지수는 3배까지 증가하였다고 하였다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구는 이유 조사 결과,<sup>17)</sup> 양육인이 가장 선호하고 있으며 개발을 원하고 있는 것으로 나타난 쌀을 이용한 반고형 이유식 개발 가능성을 알아보려고 시도되었으며, 이를 위해 쌀가루에 열 또는 효소 처리하여 변형 쌀가루를 제조한 후, 이화학적 성질, 소화율, 호화 용액의 특성을 알아보았다. 전자 오븐을 이용하여 가열 처리한 후  $\alpha$ -amylase로 가수분해시켜 변형 쌀가루를

제조한 결과, 가열처리 시간과 사용한 효소 농도가 증가할수록 쌀가루의 가수분해율은 증가하였으며 호화 개시 온도가 감소되었으며 95°C에서의 점도와 55°C에서의 점도가 감소되었다. 또한, 가수분해가 증가할수록 빛투과도는 증가하였으며 점도와 노화도는 감소하였다. 점도가 감소되므로 이장율은 증가하였다. 소화율은 열-효소 처리에 의하여 가수분해율이 증가됨에 따라 증가하였으며 이는 생 쌀가루와 호화 쌀가루에서 같은 경향을 보였다. 가수분해율이 증가함에 따라 물결합 능력, alkali 수, 용해도와 팽윤력은 증가하였으며 blue value는 감소하였다.

전분 가수분해 효소를 이용하여 제조한 쌀가루로 이유식을 제조함으로써 조기 이유 실시시 나타날 수 있는 어린이 탄수화물 소화의 문제점을 개선하여 조기 이유 실시 가능성을 제시할 수 있었다. 이를 토대로 하여 반고형 이유식 제조 및 저장 기간에 따른 품질 변화에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

### 참고문헌

1. Committee on Nutrition American academy of pediatrics: On the feeding of solid foods to the infants. *Pediatrics*, **65**: 1179, 1980.
2. 김성택: 우리 나라 영유아의 영양법 경향에 관한 연구. *소아과*, **22**(5): 1, 1979.
3. Robert, D.M., Benny, K., Howard, R.S. and Anton, A.: The Contribution of Salivary Amylase to Glucose Polymer Hydrolysis in Premature Infants. *Pediatr. Res.*, **20**(2): 186, 1986.
4. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Measurement of Brabender Visco-Amylogram. *Cereal Chem.*, **42**: 558, 1965.
5. Wilson, L.A., Berminham, V.A., Moon, D.F. and Snyder, H.E.: Isolation and Characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**: 661, 1978.
6. Chiang, C.Y. and Johnson, J.A.: Measurement of gelatinized starch by glucoamylase and *o*-Toluidine reagent. *Cereal Chem.*, **54**: 429, 1977.
7. 최성길, 이 철: 동결 속도 및 저장 온도가 취반된 쌀의 노화도, 조직감 및 미세 구조에 미치는 영향. *한국식품과학회지* **27**(5): 783, 1995.
8. Biliaderis, G.: Physical characteristics, enzymatic digestibility, and structure of chemically modified smooth pea and waxy maize starches. *J. Agri. Food Chem.*, **30**: 925, 1982.
9. 육 철, 백운화, 박관화: 하이드록시프로필화 옥수수 전분의 이화학적 특성. *한국식품과학회지* **23**(2): 175, 1991.
10. Sathe, S.K., Deshpande, S.S., Rangnekar, P.D. and Salunkho, D.K.: Functional Properties of Modified Black Gum (*Phaseolus Mungo* L.) Starch. *J. Food Sci.*, **47**: 1582, 1982.
11. Gilbert, G.A. and Spragy, S.P.: Iodometric determination of amylose., In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler. R.L.(ed), Academic Press, New York, vol. 4, p168, 1964.
12. Schoch, T.J.: Determination of alkali number. *Methods in Carbohydrate Chemistry* vol. 4. p61, 1964.
13. Leach, H.W., McCowon, L.P. and Schoh, T.J.: Structure of the Starch Granule. -I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. *Cereal Chem.*, **36**: 534, 1959.
14. 김종욱, 신해현, 김정민, 김영숙, 변유량: 쌀전분 Maltodextrin의 제조와 특성 연구. *한국식품과학회지*, **26**(6): 819, 1994.
15. Halick, J.V. and Kelly, V.J.: Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.*, **36**: 91, 1959.
16. 이강권, 김지용, 이철호: 압출 조리를 이용한 쌀 이유식 제조에서 아밀라제 첨가가 물성 변화에 미치는 효과. *한국식품과학회지*, **26**(6): 670, 1994.
17. 전주혜, 손경희, 이영미: 서울 및 경기 일부 지역의 이유 실시 현황과 이유식 개발에 대한 기대치 조사. *한국조리과학회지*, **9**(3): 239, 1993.