

# 단백질 가수분해 효소 및 이황화 결합 환원제 처리가 밥의 텍스처에 미치는 영향

김성란 · 안승요\*

서울대학교 식품영양학과

**초록** : 쌀 단백질이 밥의 식미와 텍스처에 미치는 영향을 밝히기 위하여 단백질 가수분해 효소와 이황화 결합 환원제 처리가 밥의 텍스처에 미치는 효과에 대하여 시험하였다. 세 품종의 쌀밥의 경도, 부착성, 탄력성 등은 유의한 차이가 있었다. 그 중 IR 36의 밥이 가장 단단하고 부착성이 적었다. 밥의 경도는 4°C에서 12시간 저장한 후에 두드러지게 증가하였으며 경도와 부착성에 대한 품종별 차이가 뚜렷하였다. 단백질 가수분해 효소를 처리한 밥과 2-mercaptoethanol을 처리한 밥은 처리하지 않은 밥보다 밥의 수분 함량과 팽윤 크기가 증가하였으며 경도의 감소와 부착성의 증가가 뚜렷하였고 관능검사에 의한 기호도가 향상되었다(1995년 10월 23일 접수, 1995년 12월 16일 수리).

## 서 론

쌀은 취반 과정에서 쌀알 내의 전분이 팽윤, 호화되어 2.5배 정도의 부피 팽창이 일어난다. 호화 및 부피 팽창은 쌀의 아밀로오스 함량과, 쌀 전분의 최고 점도와 관계가 있으며 전분립을 단독으로 호화 시켰을 때 팽창되는 64배에 비하면 미미한 팽창률이다.<sup>1)</sup> 이는 전분립을 둘러싸고 있는 배유부의 세포벽 물질이나 단백질들이 전분의 자유로운 팽창을 억제하기 때문이다. 일반적으로 단단하고 찰기가 작은 밥에서 세포벽의 붕괴 정도가 작고 부드럽고 차진 밥은 붕괴 정도가 크다고 보고되었고 효소에 의한 세포벽과 단백질 가수분해로 밥의 텍스처를 향상시키려는 시도가 있었다.<sup>2-5)</sup> Shibuya 등<sup>2)</sup>은 저장한 쌀의 배유 세포벽을 효소로 분해하면 저장하지 않은 쌀과 호화 특성이 같아진다고 보고하였다. Watanabe 등<sup>5)</sup>은 저장한 쌀에 protease, cellulase와 pectinase 등의 효소를 각각 처리하였을 때 밥의 텍스처가 향상되었다고 보고하였다.

Lee와 Osman<sup>6)</sup>은 단백질이 하위 호분층에서 물의 확산을 막아 주는 역할을 함으로써 취반 특성 및 식미에 영향을 준다고 하였다. Chandrashekar와 Kirleis<sup>7)</sup>는 단백질의 불용성 성질 때문에 수수의 단백질이 가열 중 수분 흡수율과 전분립의 부피 팽창을 제한하였다는 결과를 보고하였고, 최근 단백질의 효과에 대한 연구가 몇 편 보고되고 있다.<sup>8-11)</sup> 저자 등은 전보<sup>12)</sup>에서 쌀의 배유 단백질을 효소(protease)로 제거하거나 이황화 결합을 환원시킴으로써 쌀의 수화 특성과 호화 양상이 변화됨을 보고하고 전분과 단백질의 상호작용에 대한 더 깊은 연구가 필요하다고 시사하였다.

본 연구에서는 쌀 단백질이 밥의 식미와 텍스처에 미치는 영향을 밝히기 위하여 단백질 가수분해 효소와

이황화 결합 환원제 처리가 밥의 텍스처에 미치는 효과에 대하여 시험하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

쌀은 서울대학교 농업생명과학대학 시험 포장에서 1992년 수확된 품종으로 자포니카형 (japonica) 추청벼, 통일계(tongil, indica×japonica) 조생통일벼, 인디카형(indica) IR 36을 10분도의 백미로 도정하여 사용하였다. 시료로 사용된 쌀의 크기와 모양은 Table 1과 같다.

### 취반

쌀 5g에 증류수 40 ml와 2-mercaptoethanol 40 ml를 각각 첨가하여 2시간 침지 시킨 후 30분간 물을 빼고 내열 폴리에틸렌 용기(지름 4 cm, 높이 6.8 cm, 용량 50 ml, Kartell Co.)에 넣었다. 이 쌀에 침지전 쌀 무게의 1.2배의 증류수를 첨가하고 전기 밥솥에서 취반 하였다. 효소 처리한 밥은 쌀 5g에 증류수 40 ml와 단백질 가수분해 효소(protease type XXV from *Streptomyces griseus*, Sigma) 25 mg(100U)을 첨가하고 37°C에서 2시간 반응시킨 후 다량의 증류수로 세척하고 30분간 물을 빼 후 동일한 방법으로 취반하여 제조하였다. 취반시 전기

Table 1. Grain size and type of rice

Variety	Length (L) (mm)	Width (W) (mm)	L/W	One kernel weight (mg)	Grain type
Chucheongbyeo	4.68	2.63	1.73	18.6	short
Chosengtongilbyeo	5.89	2.89	2.04	20.9	medium
IR 36	6.80	2.10	3.27	19.5	long

찾는말: 쌀, 단백질 가수분해 효소, 이황화 결합 환원제, 밥, 텍스처  
\*연락처자

밥솥 바닥에 1cm 높이로 증류수를 넣었으며 20분간 가열하고 20분간 뜸을 들였다.

**밥의 수분 함량과 팽윤 크기 측정**

취반 후 밥의 수분 함량을 상압 건조법<sup>13)</sup>으로 측정하였으며, 밥알의 길이와 폭을 측정하여 팽윤 크기를 구하였다.

**기계적 검사**

취반 후 모양을 제대로 유지하고 있는 한 개의 밥알을 rheometer (Fudoh Kogyo Co.)의 판 위에 올려 놓고 압착 검사(chewing test)를 실시하였으며 각 시료마다 50회 반복하였다. Rheometer의 조작 조건은 다음과 같다.

Type: two bite compression test, Deformation: 50%  
Force range: 2 kg, Test speed :30 cm/min  
Sweep speed: 100 cm/min, Adapter's diameter: 2.0 cm

같은 방법으로 취반한 시료를 4°C에서 12시간 저장한 뒤 rheometer로 압착검사를 실시하여 노화된 밥의 텍스처 특성을 비교하였다.

Mossman 등<sup>14)</sup>의 방법에 따라 Instron(Instron universal testing instrument, model 1140)을 이용하여 취반미의 부착성(stickiness)을 측정하였다. 밥을 직경 3.5 cm의 probe 밑에 놓고 압착하여 25% 변형시킨 후 crosshead의 이동을 멈추고 10초간 변형을 유지하였다. 다시 cross-

head를 반대로 움직여 stickiness value를 나타내는 negative area를 측정하였고 work unit (g·cm: grams of adhesive force×centimeter of crosshead movement)로 환산하였다. 실험 조건은 load cell 5 kg, chart speed 200 mm/min, crosshead speed 50 mm/min으로 조정하였다.

**관능검사**

관능검사원으로 서울대학교 식품영양학과 대학원생 중 6명을 선정하여 이들에게 실험의 목적을 설명하고 각 특성치들에 대하여 반복하여 훈련시킨 다음 쌀밥의 경도(hardness), 찰기(adhesiveness), 질음성(moistness) 및 종합적 기호도(acceptability)를 평가하게 하였다.

취반 후 10분간 식힌 밥을 뚜껑 덮은 샤알레에 담아 분배하고, 10분 뒤에 관능검사를 실시하였다. 시료의 평가는 각 항목에 대하여 그 강도를 15 cm 직선에 표시하도록 설계된 비구획 척도의 질문지 (Fig. 1)를 사용하여 실시하였으며 5회 반복하였다.

**통계 분석**

텍스처 특성치에 대하여 분산 분석과 Duncan의 다중범위 검정<sup>15)</sup>을 실시하였으며, 각 실험 특성치간의 상관관계 분석을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

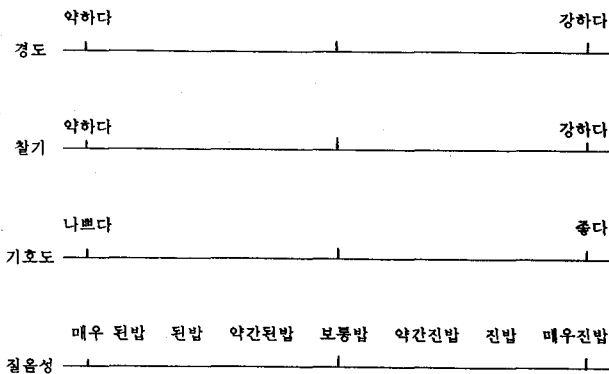
**밥의 수분 함량과 팽윤 크기 변화**

전보<sup>12)</sup>에서 보고한 바와 같이 단백질 가수분해 효소 처리와 2-mercaptoethanol 처리에 의하여 쌀의 수화 특성과 쌀가루의 가열 중 수분 흡수량(water uptake)이

**쌀밥의 텍스처 평가**

이름 :  
날짜 :

제시된 6개 시료의 경도(hardness), 찰기(adhesiveness) 및 기호도(acceptability) 그리고 질음성(moistness)을 평가하신 후 15 cm 선상에 표시하여 주십시오.



**평가 항목의 정의**

경도 : 밥의 딱딱하고 연한 정도  
일정량의 밥을 어금기에 놓고 한두번 씹었을 때 느껴지는 딱딱한 정도  
찰기 : 밥알간 부착성 및 으개진 밥알의 끈적끈적한 정도  
밥을 젓가락으로 열십자로 자를 때, 그리고 입안에서 3-5회 씹었을 때 밥알이 서로 헤어지지 않으며 이 사이에 붙어 있으려는 성질  
기호도 : 밥을 씹었을 때 느껴지는 텍스처(texture)의 좋고 나쁜 정도  
밥의 경도, 찰기, 입안에서의 감촉 등을 종합적으로 고려하여 평가  
질음성 : 밥의 걸고 된 정도

Fig. 1. Sample sheet for sensory evaluation of texture of cooked rice.

Table 2. Moisture content of rice grains and cooked rices<sup>1)</sup>

Variety	Rice grain (%)	Cooked rice (%)		
		Control	ME-treated <sup>2)</sup>	P-treated <sup>3)</sup>
Chucheongbyeo	13.16	64.22	64.55	65.30
Chosengtongilbyeo	13.75	62.10	65.04	64.75
IR 36	13.84	62.50	64.21	65.76

<sup>1)</sup> The water to rice ratio is 1.2. <sup>2)</sup> The rice grains were soaked in 0.05% 2-mercaptoethanol at 37°C for 2 hours. <sup>3)</sup> The rice grains were treated with protease(type XXV from *Streptomyces griseus*) at 37°C for 2 hours. The enzyme to rice ratio is 1/200.

Table 3. Physical dimension of cooked rices<sup>1)</sup>

Variety	Length (mm)/width (mm)		
	Control	ME-treated <sup>2)</sup>	P-treated <sup>3)</sup>
Chucheongbyeo	8.2/3.1	9.3/3.2	8.5/3.0
Chosengtongilbyeo	8.6/3.3	9.0/3.5	8.8/3.3
IR 36	9.9/2.3	10.0/2.5	9.9/2.7

<sup>1)</sup> The water to rice ratio is 1.2. <sup>2)</sup> 2-mercaptoethanol treatment was same as Table 2. <sup>3)</sup> Protease treatment was same as Table 2.

Table 4. Analysis of variance and multiple range test for instrumental measurement of cooked rice<sup>1)</sup>

Factor	Chucheong-byeo	Chosengtong-ilbyeo	IR 36	F Values
Hardness (g)	413.4 <sup>a2)</sup>	459.5 <sup>a</sup>	661.6 <sup>b</sup>	24.39***
Cohesiveness	0.7334	0.7619	0.742	0.36
Adhesiveness (erg)	2.28 <sup>b</sup>	0.88 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	3.22*
Elasticity	0.8905	0.8796	0.9140	1.66
Chewiness (g)	252.3 <sup>a</sup>	300.4 <sup>a</sup>	403.3 <sup>b</sup>	29.92***
Gumminess (g)	282.2 <sup>a</sup>	343.1 <sup>a</sup>	491.4 <sup>b</sup>	25.73***

<sup>1)</sup> The water to rice ratio is 1.2. <sup>2)</sup> Data are means of chewing test by rheometer. Means within rows followed by the same letter are not significantly different at 5% level. \* and \*\*\* mean significance at 5 and 0.1% levels.

Table 5. Analysis of variance and multiple range test for instrumental measurement of 12 hours stored cooked rice<sup>1)</sup>

Factor	Chucheong-byeo	Chosengtong-ilbyeo	IR 36	F Values
Hardness (g)	462.2 <sup>a2)</sup>	639.1 <sup>b</sup>	815.3 <sup>c</sup>	41.92***
Cohesiveness	0.7538 <sup>b</sup>	0.6653 <sup>a</sup>	0.6156 <sup>a</sup>	8.63***
Adhesiveness (erg)	1.82 <sup>b</sup>	1.56 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	3.22*
Elasticity	0.8680 <sup>a</sup>	0.8477 <sup>a</sup>	0.9388 <sup>b</sup>	9.62***
Chewiness (g)	314.9 <sup>a</sup>	351.4 <sup>a</sup>	487.4 <sup>b</sup>	4.75*
Gumminess (g)	363.5 <sup>b</sup>	411.3 <sup>ab</sup>	508.8 <sup>a</sup>	4.07*

<sup>1)</sup> The water to rice ratio is 1.2. <sup>2)</sup> Data are means of compression test by rheometer. Means within rows followed by the same letter are not significantly different at 5% level. \* and \*\*\* mean significance at 5 and 0.1% levels.

증가하였으므로 취반한 밥의 수분 함량을 측정하였다. Table 2와 같이 2-mercaptoethanol과 단백질 가수분해 효소를 각각 처리한 쌀로 취반한 밥의 수분 함량이 처리하지 않은 쌀밥보다 증가하였으며 특히 IR 36에서 증가가 현저하였다. 쌀 단백질을 가수분해시켜 만든 hypoallergenic rice의 취반시 가수량이 적게 소요된다는 Watanabe 등<sup>10)</sup>의 보고도 단백질이 수분 흡수를 방해한다는 사실을 지지해 준다.

2-mercaptoethanol 처리와 단백질 가수분해 효소처리 는 Table 3과 같이 밥의 팽윤 크기를 증가시켰다. 밥알의 폭(width)변화는 적고 길이(length)는 증가하였으며 특히 단립종의 팽윤 증가가 컸다.

**기계적 검사에 의한 밥의 텍스처 특성**

취반 직후와 4°C에서 12시간 저장한 밥의 텍스처 특성을 rheometer를 이용하여 경도, 부착성, 응집성, 탄성, 씹힘성, 검성을 측정하였고 그 결과는 Table 4 및 5와 같다.

세 품종의 텍스처 특성은 응집성과 탄성을 제외하고 전 특성에서 차이가 있었다. 그 중 IR 36의 밥이 가장 단단하고 부착성이 적었다. 4°C에서 12시간 저장한 밥은 경도의 증가가 두드러졌으며 경도와 부착성에 대한 품

종별 차이가 뚜렷하였다. 다중범위 검정 결과를 보면 추청벼와 조생통일벼는 취반 직후에 밥의 텍스처 특성의 유의차가 적었으나, 저장에 따라 유의적으로 다른 텍스처 특성을 나타내었다. IR 36은 취반 직후에도 가장 단단하고 부착성이 없었으며 저장에 의하여 경도의 증가가 현저하여 추청벼 및 조생통일벼와 유의적으로 다른 텍스처를 나타내었다.

2-Mercaptoethanol 처리와 단백질 가수분해 효소처리 한 쌀로 취반한 밥의 텍스처 변화를 rheometer로 측정 한 결과는 Table 6 및 7과 같다. 효소처리로 경도가 현저하게 감소하였고 씹힘성과 검성이 감소하였다. 4°C에서 12시간 저장한 밥에서는 2-mercaptoethanol 처리와 단백질 가수분해 효소처리에 의하여 씹힘성 및 검성이 감소되었다. 그 중 경도는 추청벼와 IR 36보다 조생통일벼에서 뚜렷한 감소를 나타냈다.

품종과 처리 효과, 저장 효과에 대한 ANOVA 분석은 Table 8과 같다. 품종에 따라 경도, 씹힘성 및 검성이 특히 차이가 있으며, 처리 효과는 전 텍스처 특성에서 유의하였다.

Rheometer에 의한 부착성(adhesiveness)의 비교는 편차가 심하므로 밥의 부착성은 Instron으로 측정하는 것이 더 효과적이었다. Instron으로 측정 한 밥의 stickiness를 Table 9에 나타내었다. 세 품종 쌀의 stickiness는 두 그룹으로 나뉘어 졌는데 IR 36의 stickiness는 추청벼와 조생통일벼에 비하여 크게 낮았다. 세 품종 모두 단백질 가수분해 효소처리에 의하여 stickiness가 현저히 증가한 것으로 보아 단백질이 쌀의 텍스처와 취반 특성에 중요한 요인으로 작용하였다는 것을 알 수 있었다. Watanabe 등<sup>5,11)</sup>은 저장한 묵은 쌀에 여러 종류의 효소 처리 효과를 실험하였는데 각종의 protease, cellulase 및 pectinase 등의 효소처리에 의하여 부착성과 경도의 비가 증가하고 텍스처 특성이 향상됨을 보고하였다. 효소 중 lipase와 transglutaminase는 효과가 없고 actinase는 효과가 가장 뚜렷하였다고 하였다.

**관능검사에 의한 밥의 텍스처 특성**

단백질 가수분해 효소를 처리한 쌀로 취반한 밥의 텍스처 특성을 관능검사로 측정 한 결과는 Table 10과 Fig. 2 및 3과 같다.

쌀의 품종 및 효소처리 효과에 따른 차이를 알아보기 위하여 전체 측정 결과를 품종, 처리 효과, 패널(panel) 및 반복 등의 4가지 주인자와 그들의 교호작용에 대하여 분산분석을 실시하였으며 유의차가 나타나지 않는 인자와 교호작용은 오차항에 풀링(pooling)시킨 뒤 분산분석을 실시하였다. Table 10과 같이 세 품종간에 전 텍스처 특성들은 유의하게 차이가 있었고 단백질 가수분해에 의한 효과도 전 특성에서 매우 유의하였다. 특히 F값으로 볼 때 찰기(adhesiveness), 질습성(moistness) 및 경도(hardness)에 있어서 품종 차와 효소처리 효과가 크게 나타났다. 패널과 반복에 의한 주효과는 매우 낮았으므로 평가의 개인 편차가 적고 신뢰성이 높다고 할

Table 6. Effect of 2-mercaptoethanol and protease treatment on textural properties of cooked rices<sup>1)</sup>

Variety	Hardness (g)	Cohesiveness	Adhesiveness (erg)	Elasticity	Chewiness (g)	Gumminess (g)
Chucheongbyeo						
Control	413.4 <sup>b2)</sup>	0.7334	2.28 <sup>b</sup>	0.8905 <sup>ab</sup>	252.3 <sup>b</sup>	282.2 <sup>ab</sup>
ME-treated <sup>3)</sup>	381.3 <sup>b</sup>	0.7718	3.76 <sup>b</sup>	0.9351 <sup>b</sup>	278.5 <sup>b</sup>	295.7 <sup>b</sup>
P-treated <sup>4)</sup>	158.8 <sup>a</sup>	0.6933	1.00 <sup>a</sup>	0.8484 <sup>a</sup>	94.6 <sup>a</sup>	108.6 <sup>a</sup>
F-Value	37.18 <sup>***</sup>	1.02	6.60 <sup>**</sup>	2.48 <sup>*</sup>	25.24 <sup>***</sup>	40.52 <sup>***</sup>
Chosengtongilbyeo						
Control	459.5 <sup>b</sup>	0.7619 <sup>c</sup>	0.88	0.8796	300.4 <sup>c</sup>	343.1 <sup>c</sup>
ME-treated	383.5 <sup>b</sup>	0.6675 <sup>b</sup>	2.37	0.8432	222.1 <sup>b</sup>	260.5 <sup>b</sup>
P-treated	206.4 <sup>a</sup>	0.5987 <sup>a</sup>	2.40	0.8522	105.7 <sup>a</sup>	123.2 <sup>a</sup>
F-Value	25.42 <sup>***</sup>	13.60 <sup>***</sup>	0.28	1.26	28.84 <sup>***</sup>	30.86 <sup>***</sup>
IR 36						
Control	661.6 <sup>c</sup>	0.7421 <sup>a</sup>	0	0.9140	450.3 <sup>b</sup>	491.4 <sup>b</sup>
ME-treated	575.2 <sup>b</sup>	0.7835 <sup>ab</sup>	0	0.9150	414.3 <sup>b</sup>	451.9 <sup>b</sup>
P-treated	367.3 <sup>a</sup>	0.6306 <sup>b</sup>	0	0.8755	213.1 <sup>a</sup>	230.1 <sup>a</sup>
F-Value	56.24 <sup>***</sup>	5.87 <sup>**</sup>	0	2.59	33.16 <sup>***</sup>	46.44 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>The water to rice ratio is 1.2. <sup>2)</sup>Data are means of compression test by rheometer. Means within rows followed by the same letter are not significantly different at 5% level. \* and \*\*\* mean significance at 5 and 0.1% levels. <sup>3)</sup>2-mercaptoethanol treatment was same as Table 2. <sup>4)</sup>Protease treatment was same as Table 2.

Table 7. Effect of 2-mercaptoethanol and protease treatment on textural properties of 12 hours stored cooked rices<sup>1)</sup>

Variety	Hardness (g)	Cohesiveness	Adhesiveness (erg)	Elasticity	Chewiness (g)	Gumminess (g)
Chucheongbyeo						
Control	462.3 <sup>2)</sup>	0.7538 <sup>b</sup>	1.82	0.8680	314.9 <sup>b</sup>	363.5 <sup>b</sup>
ME-treated <sup>3)</sup>	453.8	0.6954 <sup>a</sup>	1.86	0.8946	286.2 <sup>b</sup>	319.7 <sup>b</sup>
P-treated <sup>4)</sup>	390.4	0.6355 <sup>a</sup>	0.36	0.8625	202.4 <sup>a</sup>	234.7 <sup>a</sup>
F-Value	2.04	4.74 <sup>*</sup>	1.17	1.59	10.60 <sup>***</sup>	10.52 <sup>***</sup>
Chosengtongilbyeo						
Control	631.1 <sup>b</sup>	0.6653	1.56	0.8477	351.4 <sup>b</sup>	411.3 <sup>b</sup>
ME-treated	447.8 <sup>a</sup>	0.6673	3.10	0.8530	253.6 <sup>a</sup>	287.4 <sup>a</sup>
P-treated	502.8 <sup>a</sup>	0.5731	1.25	0.8503	249.9 <sup>a</sup>	289.8 <sup>a</sup>
F-Value	9.86 <sup>***</sup>	2.20	1.14	0.03	4.64 <sup>*</sup>	6.45 <sup>**</sup>
IR 36						
Control	815.8	0.6156	0	0.9388	487.4	508.8
ME-treated	756.9	0.5749	0	0.8883	385.9	432.9
P-treated	746.1	0.5619	0	0.8848	371.1	415.3
F-Value	1.50	0.76	0	2.81	2.33	2.16

<sup>1)</sup>The water to rice ratio is 1.2. <sup>2)</sup>Data are means of compression test by rheometer. Means within rows followed by the same letter are not significantly different at 5% level. \* and \*\*\* mean significance at 5 and 0.1% levels. <sup>3)</sup>2-mercaptoethanol treatment was same as Table 2. <sup>4)</sup>Protease treatment was same as Table 2.

Table 8. Analysis of variance for instrumental measurement of cooked rices

Factor	Hardness	Cohesiveness	Adhesiveness	Elasticity	Chewiness	Gumminess
Variety (V)	188 <sup>***</sup>	7.92 <sup>***</sup>	17.7 <sup>***</sup>	10.9 <sup>***</sup>	64.8 <sup>***</sup>	74.7 <sup>***</sup>
Treatment (T)	72.0 <sup>***</sup>	17.0 <sup>***</sup>	4.71 <sup>**</sup>	4.79 <sup>**</sup>	59.4 <sup>***</sup>	79.2 <sup>***</sup>
Storage (S)	188 <sup>***</sup>	19.5 <sup>***</sup>	0.68	0.54	28.2 <sup>***</sup>	44.4 <sup>***</sup>
V×T	2.28	0.44	3.09 <sup>*</sup>	2.27	1.84	1.80
V×S	8.22 <sup>***</sup>	4.57 <sup>*</sup>	0.35	0.39	0.24	0.39
T×S	24.3 <sup>***</sup>	0.68	0.03	0.76	10.2 <sup>***</sup>	15.0 <sup>***</sup>

\*, \*\* and \*\*\* mean significance at 5, 1 and 0.1% levels, respectively. Data represent F-values.

Table 9. Effect of the protease treatment on the stickiness values of cooked rice

Variety	Stickiness (g·cm) <sup>1)</sup>		T values
	Control	Protease-treated <sup>2)</sup>	
Chucheongbyeo	34.0 <sup>a,3)</sup>	73.4 <sup>b</sup>	-2.49**
Chosengtongilbyeo	26.3 <sup>a</sup>	57.2 <sup>b</sup>	-7.60***
IR 36	4.4 <sup>b</sup>	25.7 <sup>a</sup>	-6.25***

<sup>1)</sup>Data are means of stickiness value by Instron compression test. <sup>2)</sup>Protease treatment was same as Table 2. <sup>3)</sup>Values within a column that followed by same letter are not significantly different at 5% level. \*\* and \*\*\* mean significance at 1% and 0.1%.

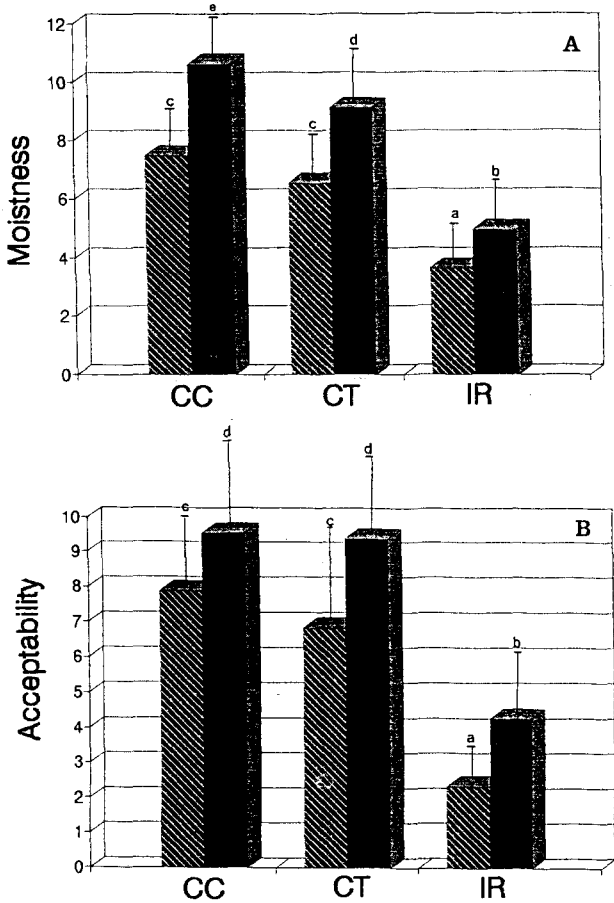


Fig. 2. Effect of protease treatment on sensory moistness(A) and acceptability values(B) of cooked rice. Values are mean±SD. Means with same letter in graph are not significantly different at 5% levels by Duncan's multiple range test. CC, Chucheongbyeo; CT, Chosengtongilbyeo; IR, IR 36. □-□, untreated, ■-■, protease-treated.

수 있다.

단백질 가수분해 효소를 처리한 밥은 Fig. 2 및 3과 같이 경도가 감소하고 찰기와 질음성은 증가하였다. IR 36의 경우 경도와 찰기의 절대치는 증가하였으나 5%에서 유의차가 없었다. 전체 선호도는 세 품종 모두 유의적으로 증가되었다. Okabe 등<sup>17)</sup>은 밥의 식미와 부

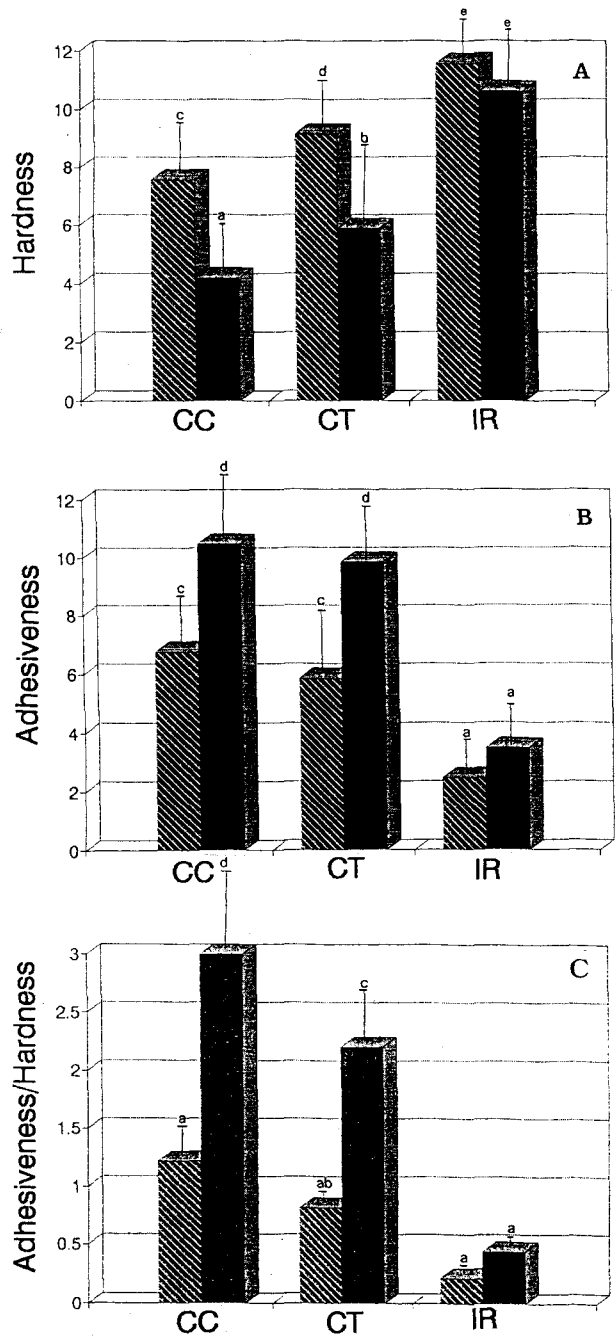


Fig. 3. Effect of protease treatment on sensory hardness(C), adhesiveness(D) and adhesiveness/hardness values(D) of cooked rice. Values are mean±SD. Means with same letter in graph are not significantly different at 5% levels by Duncan's multiple range test. CC, Chucheongbyeo; CT, Chosengtongilbyeo; IR, IR 36; □-□, untreated; ■-■, protease-treated.

착성과 경도의 비(adhesiveness/hardness)가 밀접한 관계가 있으며 밥알의 부착성과 경도의 비가 낮을수록 식미가 떨어진다고 보고하였다. 본 실험에서는 단백질 가수분해 효소를 처리한 밥의 부착성과 경도의 비가 증가하였다.

Table 10. Analysis of variance for sensory evaluation of cooked rice

Factor	Hardness (H)	Adhesiveness (A)	A/H	Acceptability	Moistness
Variety	73.87***	112.34***	29.21***	79.09***	97.52***
Protease treat	50.05***	75.67***	33.94***	28.18***	65.70***
Var.×Treat	5.03**	8.14***	5.74**	0.48	3.54*
Panel	1.39	1.26	1.94	0.43	0.43

\*, \*\* and \*\*\* mean significance at 5, 1 and 0.1% levels, respectively. Data represent F-values.

Table 11. Pearson correlation coefficients between sensory evaluation values and instrumental measurements

	Sensory hardness	Sensory adhesiveness	Sensory acceptability	Sensory moistness
Rheometric hardness	0.8668***	-0.9997***	-0.9030***	-0.8881***
Rheometric cohesiveness	0.4117	-0.3553	-0.3079	-0.2854
Rheometric adhesiveness	-0.8441***	0.8967***	0.8916***	0.9485***
Rheometric elasticity	0.5842*	-0.7237**	-0.7301**	-0.7875***
Rheometric chewiness	0.8881***	-0.9252***	-0.9227***	-0.9200***
Rheometric gumminess	0.8662***	-0.8686***	-0.8635***	-0.8687***
Instron stickiness	-0.8974***	0.9495***	0.9548***	0.9324***

\*, \*\* and \*\*\* mean significance at 5, 1 and 0.1% levels, respectively.

### 관능검사와 기계적 검사의 상관관계

관능검사와 기계적 검사에서 측정된 텍스처 특성치의 상관관계 분석을 실시한 결과는 Table 11과 같다. Rheometer로 측정된 경도와 부착성, 씹힘성과 감성이 관능검사 결과와 상관관계가 높았으며 탄성은 상관관계가 낮았고 응집성은 유의적인 상관관계가 없었다. Instron으로 측정된 찰기는 관능검사의 부착성 및 선평도와 상관관계가 높았다.

이상의 결과로 볼 때 밥의 텍스처는 단백질 함량, 분포 및 이황화 결합 등에 크게 영향을 받을 것으로 추정되었다. 단백질의 가수분해 및 이황화 결합 환원 처리는 취반 동안 전분의 팽윤, 호화 및 용출을 증가시켜 부착성등 밥의 텍스처를 변화시키는 것으로 보이며 묵은 쌀과 식미가 떨어지는 쌀의 텍스처 개선에 이용하는 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

### 감사의 글

본 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. Little, R. R. and E. H. Dawson (1960) Histology and histo-

chemistry of raw and cooked rice kernels. *Food Res.* **25**, 611-622.

- Shibuya, N. and T. Iwasaki (1982) Effect of enzymatic removal of endosperm cell wall on the gelatinization properties of aged and unaged rice flours. *Stärke* **34**, 300-303.
- Arai, E., K. Aoyama and M. Watanebe (1993) Enzymatic improvement of the cooking quality of aged rice: A main mode of protease action. *Biosci. Biotech. Biochem.* **57**, 911-914.
- Shibuya, N. and T. Iwasaki (1984) Effect of cell wall degrading enzymes on the cooking properties of milled rice and the texture of cooked rice. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkai-shi* **31**, 656-660.
- Watanabe, M., E. Arai, K. Honma and H. Fuke (1991) Improving the cooking properties of aged rice grains by pressurization and enzymatic treatment. *Agric. Biol. Chem.* **55**, 2725-2731.
- Lee, Y. E. and E. M. Osman (1991) Physicochemical factors affecting cooking and eating qualities of rice and the ultrastructural changes of rice during cooking. *J. Korean Soc. Food Nutrition* **20**, 637-645.
- Chandrashekar, A. and A. W. Kirleis (1988) Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. *Cereal Chem.* **65**, 457-462.
- Marshall, W. E., F. I. Normand and W. R. Goynes (1990) Effect of lipid and protein removal on starch gelatinization in whole grain milled rice. *Cereal Chem.* **67**, 458-463.
- Hamaker, B. R. and V. K. Griffin (1990) Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption. *Cereal Chem.* **67**, 261-264.
- Hamaker, B. R., V. K. Griffin and K. A. K. Moldenhauer (1991) Potential influence of a starch granule-associated protein on cooked rice stickiness. *J. Food Sci.* **56**, 1327-1329.
- Watanabe, M. (1993) Improving cooking properties of aged rice grains. *J. Jap. Soc. Starch Sci.* **40**, 163-168.
- 김성란, 안승요 (1995) 단백질 가수분해 효소 및 이황화 결합 환원제 처리가 쌀의 이황화적 성질과 호화 특성에 미치는 영향. *한국농화학회지* **38**, 554-562.
- Morwitz, W. (1990) In 'AOAC methods of analysis' 15th ed., Washington.
- Mossman, A. R., D. A. Fellers and H. Suzuki (1983) Rice stickiness I. Determination of rice stickiness with an instron tester. *Cereal Chem.* **60**, 286-292.
- Marija, J. N. (1986) In 'SPSS/PC+', Chap. 15, Spss Inc., Chicago, U.S.A.
- Watanabe, M., T. Yoshizawa, J. Miyakawa, Z. Ikezawa, K. Abe, T. Yanagisawa and S. Arai (1990) Quality improvement and evaluation of hypoallergenic rice grains. *J. Food Sci.*

55, 1105-1107.

17. Okabe, M. (1979) Texture measurement of cooked rice and

its relationship to eating quality. *J. Texture Studies* **10**, 131-152.

---

**Effect of Protease and Disulfide Bond Reducing Agent Treatment on the Texture of Cooked Rice**

Sung-Ran Kim and Seung-Yo Ahn\* (*Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea*)

**Abstract** : Effect of protease and 2-mercaptoethanol treatment on the texture of cooked rice was investigated. Hardness, chewiness and gumminess of cooked rice were decreased by reducing the disulfide bonds of protein using 2-mercaptoethanol. Protease-treated rice grains, when cooked, showed more favorable results in stickiness measured by Instron, hardness measured by rheometer and sensory acceptability of cooked rice. Water content and volume expansion of cooked rice were increased by protease or 2-mercaptoethanol treatment. This results suggested that the textural characteristics of cooked rice may be influenced by surrounding or closely associated protein.

---

\*Corresponding author