

## 쌀의 물리적 특성과 식미와의 상관

김영두\*† · 하운구\* · 송유천\* · 조준현\* · 양은인\*\* · 이재길\*\*

\*영남농업연구소, \*\*호남농업연구소

## Palatability Evaluation and Physical Characteristics of Cooked Rice

Young Doo Kim\*†, Un Gu Ha\*, You Chun Song\*, Jun Hyeon Cho\*, Eun In Yang\*\*, and Jae Kil Lee\*\*

\*Yeongnam Agricultural Research Institute, Milyang 627-803, Korea

\*\*Honam Agricultural Research Institute, Iksan 570-080, Korea

**ABSTRACT :** Many parameters such as textural, cooking and pasting properties and chemical components are the main reasons of tardy progress in evaluation of cooked rice. To increase the evaluation effect of cooked rice, physical properties and palatability of cooked rice were studied with five varieties. The highest palatability was observed in Kosihikari while Hoan showed the lowest value. The cooked rice of Kosihikari showed a high values of waxiness (0.12) and boiling time (21.1 min.) while the porosity and expansibility were as low as 19.0 and 28.6%, respectively. The water absorption time of Kosihikari and Sindongin was a little bit slow compare to the other varieties. A negative correlations were observed between palatability and expansibility (-0.390), porosity (-0.874\*\*) and water absorption time (-0.960\*\*) while a positive correlations were observed between palatability and boiling time (0.861\*\*), waxiness (0.920\*\*) and hardness (0.478). The path coefficient of water absorption time, porosity, boiling time and waxiness contributed to the palatability were 35.9, 22.7, 17.0 and 8.2%, respectively. Thus, the results obtained in this study suggested that the physical characteristics of rice grains could be effectively utilized in high quality of cooked rice breeding programs.

**Keywords:** palatability, physical properties, SEM, cooked rice

쌀을 주식으로 하는 우리나라에서 양질미에 대한 선호도가 증가하면서 식미관련 형질들에 대해 많은 연구가 수행되어 왔지만, 많은 식미관련 요인들 때문에 식미를 객관적으로 평가하여 일반화 하거나 고품질 육종과정의 선별에 있어서 일반화할 수 있는 방법은 많지 않다. 지금까지 쌀의 품종, 재배조건, 저장조건 및 취반방법에 따른 취반미의 특성에 대하여 여러 연구가 보고 되어 왔으며(Kim *et al.*, 1983; Kim *et al.*, 1986; Lee *et al.*, 1993), 식품산업현장의 경우 화학적 평가

보다는 밥맛의 종합적 기호도에서 그 기여도가 가장 높다고 보고된 조직감 측정과 같은 물리적 측정방법을 필요로 하고 있다(Lee & Park 1982).

또한 식생활의 변화에 따라 일회용 간편식(retrograde rice)의 증가에 따라 이와 관련된 물리적, 이화학적 특성들에 대한 많은 연구들이 진행 되었다(Choi *et al.*, 1999). 그러나 품종 및 년차간의 변이가 크고(Choi *et al.*, 1997) 수확 후 건조, 저장, 도정 및 취반조건 등에 따라서도 영향을 받으며(Del Mundo 1979; Juliano 1985; Tani *et al.*, 1969), 취반 후 수행되는 여러 과정에서의 차이로 인한 해석의 어려움이 있어(Malick & Vincent 1959) 일반화된 결과들을 얻는데 어려움이 있다.

최근 전자현미경을 이용한 전분구조에 관한 많은 연구들이 진행됨에 따라(Kang *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2004), 쌀알의 이화학적, 물리적 특성 및 식미치의 상호 관련성에 많은 이해가 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 밥의 식미관련 특성에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위해 쌀알 및 취반 후의 전자현미경을 통한 미세구조 및 쌀의 물리적인 특성과 식미치와의 상관성을 비교하였다.

### 재료 및 방법

공시재료는 호남농업연구소의 시험포장에서 표준재배법에 의하여 재배한 일품, 호안, 호진, 신동진, 고시히카리를 4°C 저온에 저장하면서 사용하였다. 식미치(palatability)는 토요미도메타(Toyo, M90 series, Japan)를 이용하여 측정하였고, 공극률(porosity)은 비이커에 지은 밥을 냉동시켜 미세한 칼로 자른 뒤 Optimas Image Analysis software(Media Cybermetrics, Silver Springs MD 20910, USA)를 이용하여 측정하였다. 팽창률(expansibility)은 취반전 쌀의 부피와 취반후 밥의 부피를 측정하여 구하였고, 가열시간(boiling time)은 밥이 처음으로 끓기 시작한 시간을 기준으로 하여 측정하였다. 색도는 Color and color difference meter(TC-3600, Denshku Co., Japan)를 이용하여 취반 직후와 24시간 보온 한 밥의 표면 색도를 측정

†Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1163 (E-mail) kim0yd@rda.go.kr

한 후 Hunter System에 의하여 L, a 및 b 값으로 나타내었으며, 수분흡수율은 품종별로 완전립 1g을 선별하여 상온(20°C)에서 2~50분간 침지한 후 일정 시간별로 표면수를 제거하고 무게를 측정하여 시료 1g(건량기준)당 수분흡수정도를 계산하였다. 쌀알의 조직감은 Texture analyzer(Stable Micro System, TA-XT2 UK)를 이용 취반직후와 24시간동안 보온된 밥알 각각 다섯알을 이용하여 경도(hardness) 및 찰성(waxiness)등을 측정하였다. Texturemeter는 strain mode로 설정한 후 test speed 1min/sec, probe 직경 20 mm, 80% strain 하에서 측정하였다. 전분구조의 미세구조는 동결 건조한 쌀과 밥알을 횡단면으로 잘라 SEM(Scanning electron microcope, ISI-SS130, Akashi, Japan)으로 1500배 및 5000배에서 관찰하였다. SAS 프로그램(V. 6.12)을 이용 쌀 품종의 팽창률, 공극률, 가열시간, 수분흡수속도, 찰성 및 경도 등 물리적 특성들과 식미치와의 상관성 및 기여도를 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**품종별 물리적 특성**

품종에 따른 물리적 특성은 Table 1과 같다. 식미치의 경우 고시히카리가 78로 기타 품종에 비해 다소 높은 값을 보였으며 신동진, 일품, 호진 및 호안 순이었다. 팽창률의 경우 대부분의 품종이 약 287~293% 정도로 큰 차이가 없었으며, 공극

률은 고시히카리 및 신동진이 각각 19.5 및 19.8%로 상대적으로 다른 품종들에 비해 낮은 값을 보인 반면 호안이 25.0%로 높은 값을 보였다. 쌀알의 경도에 있어서는 신동진이 9.8 kg으로 가장 높았고, 밥이 끓기까지의 시간은 고시히카리가 21.1분으로 가장 늦은 반면 기타 품종들은 17.1~18.6분에 분포 하였다.

Table 2는 저장 시간에 따른 밥의 색도 및 물성을 측정된 결과로서, 명도를 나타내는 L값은 취반 직후의 경우 품종별 차이는 없었으나 취반 후 보온기간이 길어질수록 명도가 다소 낮아지는 경향을 보였다. 또한 취반직후의 적색도(a)는 -2.6~3.0 범위로서 모두 음(-)의 값을 보였으며 취반 후 보온기간이 길어질수록 적색도가 다소 높게 나타나는 경향이었다. 특히 모든 품종에서 취반 후 보온기간이 길어질수록 황색도(b)는 뚜렷하게 높아지는 경향을 보였다. 찰기는 신동진, 고시히카리가 취반 직후 및 24시간 보온에서 모두 높은 값을 보인 반면 호안 및 호진의 경우 다른 품종에 비해 비교적 낮게 나타났다. 또한 취반 직후 및 24시간 후의 경도에서는 신동진이 3.732 및 4.545로 다른 품종보다 높게 나왔는데 공극률 및 전분입자 구조와 경도에 대한 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각 되었다.

취반 과정중의 침지는 전분입자의 호화에 필요한 수분을 균일하게 분포시켜 가열시 열의 전도를 용이하게 하며, 침지가 불충분 할 경우 수분이 쌀의 내부까지 충분하게 침투되지 않으므로 가열시 표면이 먼저 호화되어 내부로의 열전달이 방해되기 때문에 표면은 질고 내부는 설익은 밥이 된다고 하였는데(Kim *at al.*, 1995), 본 연구에서는 상온(20°C)에서의 침지 시간에 따른 수분흡수율을 측정된 결과 Fig. 1에서와 같이 사용된 시료 모두 초기 20분 동안 수화가 빠르게 이루어지며 그 이후에는 수분흡수율의 변화가 거의 없었다. 특히 초기 5분 동안의 수분흡수율에서 품종별 큰 차이를 보였는데, 호안이 급격한 수분흡수 증가율을 보인 반면 고시히카리는 가장 늦은 수분흡수율을 보였다. Suzuki 등(1976)은 물의 확산에 의하여 취반 속도가 지배된다고 하였는데, Table 1에서와 같이 식미치가 비교적 낮은 호안에서 가열 시간 및 수분흡수율이 가장 빠른 반면 상대적으로 높은 식미치를 보인 고시히카리는 수분흡수속

**Table 1.** Palatability and physical characteristics of rices.

Variety	Palatability	Expansibility (%)	Porosity (%)	Hardness (kg)	Boiling time (min.)
Ilpum	70 b*	288 b	21.2 b	8.9 c	18.6 b
Hoan	58 d	293 a	25.0 a	8.7 c	17.1 c
Hojin	65 c	290 a	23.9 ab	9.2 b	17.8 c
Sindongjin	71 b	288 b	19.8 c	9.8 a	18.2 b
Kosihikari	78 a	287 b	19.5 c	9.3 b	21.1 a
Mean	68.4	289.2	21.9	9.2	18.6

\*Same character in each column indicates non-significance at 5% level by Duncan's multiple range test.

**Table 2.** Color profiles, hardness and waxiness of fresh(0 hour) and retrogradated (24 hour) cooked rices.

Variety	Color profiles						Hardness (kg)		Waxiness	
	L		a		b		0	24	0	24
	0	24	0	24	0	24				
Ilpum	71.7	71.8	-2.8	-2.5	6.6	8.7	3.120	3.609	0.083	0.061
Hoan	74.7	74.3	-2.6	-2.5	6.5	8.1	2.654	3.217	0.043	0.019
Hojin	73.5	72.0	-3.0	-2.7	7.7	9.1	2.731	3.628	0.053	0.033
Sindongjin	73.6	70.4	-3.0	-2.7	7.2	8.9	3.732	4.545	0.104	0.067
Kosihikari	73.5	72.7	-2.8	-2.7	7.4	9.2	2.917	3.261	0.120	0.061
Mean	73.4	72.2	-2.8	-2.6	7.1	8.8	3.030	3.652	0.081	0.048

Waxiness = Adhesiveness/Toughness × Restoration/Deformation

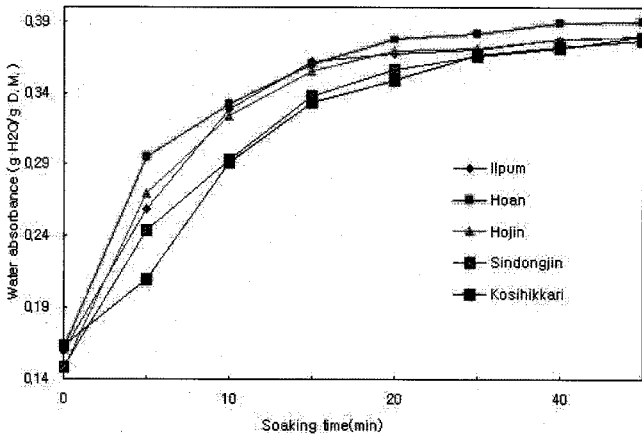


Fig. 1. Varietal differences of water absorption as affected by soaking time.

도가 느리며 더 많은 가열시간이 소요되는 것으로 보아 식미와 관련한 수분흡수율 및 가열시간에 대한 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 보였다. 또한 쌀의 충분한 호화를 위해서는 최소한 20분 이상의 침지를 하는 것이 바람직한 것으로 보였다.

미세구조

Fig. 2는 쌀알의 미세구조를 전자현미경으로 관찰한 것으로서 신동진은 다른 품종들과 비교하였을 때 전분구조가 단단하

게 이루어져 있었으며, 고시히카리, 호진 및 일품이 중간 정도의 성질을 보였다. 그러나 호안의 경우 뚜렷한 전분 구조를 볼 수 없었는데, 이는 Table 1 및 2에서와 같이 가열 시간, 경도 및 찰기가 낮으며 공극율과 팽창률이 크고 결과적으로 낮은 식미치를 보인 것과 관계가 높은 것으로 보였다.

취반직후와 24시간 보온한 후 밥의 미세구조를 조사한 결과, Fig. 3에서 처럼 취반 직후에는 일품, 신동진 및 고시히카리의 경우 망상구조가 비교적 균일하게 형성되어 있는 반면, 호안 및 호진의 경우 전분층이 두꺼우며 끝이 거칠고, 기공이 다른 품종들에 비해 크게 형성되어있다. 취반 후 24시간 동안의 보온 시 일품, 호안 및 고시히카리의 경우 망상구조가 세부적으로 진행된 반면, 호진 및 신동진의 경우 취반직후와 비교하여 볼 때 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 취반 후 보온과정 동안의 미세구조에서 큰 차이를 보인 일품, 호안 및 고시히카리의 경우 식은밥(보온과정 포함)에 대한 이화학적, 물리적특성 및 식미와의 관계에 대한 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 생각 되었다.

식미치 및 물리적 특성과의 상관과 기여도

Table 3은 품종별 물리적 특성과 식미치간의 상관관계를 분석한 것으로서, 팽창률은 다른 물리적 특성 및 식미치와 상관을 보이지 않았다. 공극률은 가열 시간, 찰기, 경도 및 식미치와 높은 부의 상관관계를, 수분 흡수율과는 정의 상관관계를

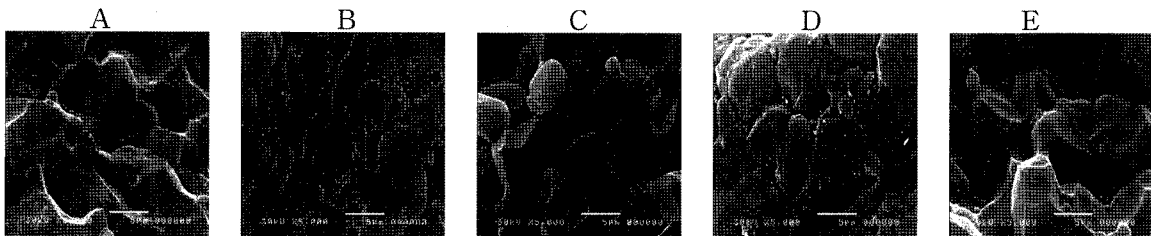


Fig. 2. Cross-section scanning electron micrographs of rice grains (×5,000). A: Ilpum, B: Hoan, C: Hojin, D: Sindongjin and E: Kosihikkari.

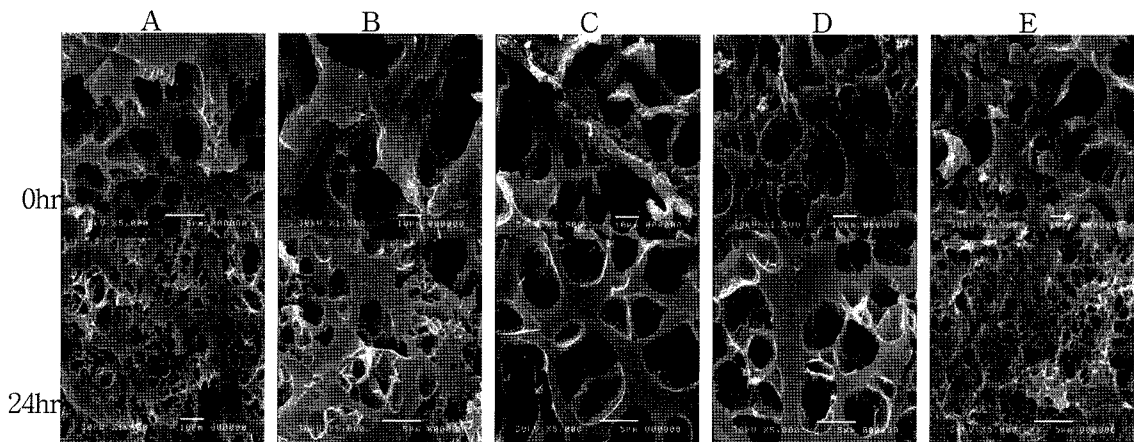
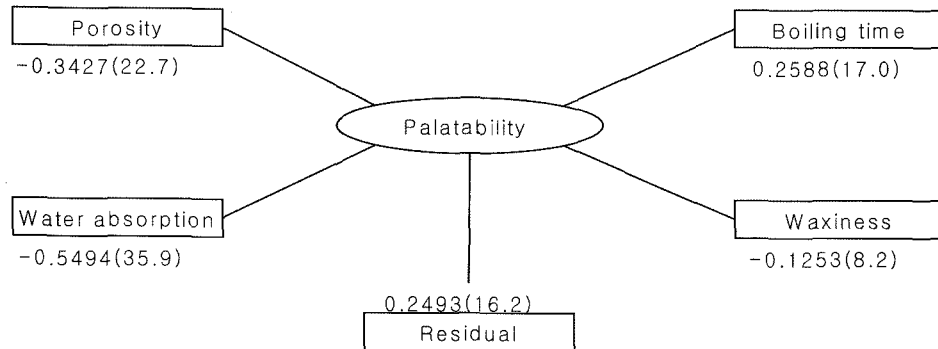


Fig. 3. Cross-section scanning electron micrographs of fresh and retrogradation cooked rice (×5,000). A: Ilpum, B: Hoan, C: Hojin, D: Sindongjin and E: Kosihikkari.

**Table 3.** Correlation coefficients between physical characteristics and palatability in rices.

	Expansibility	Porosity	Boiling time	Water absorption	Waxiness	Hardness
Porosity	0.342	-				
Boiling time	-0.342	-0.637*	-			
Water absorption	0.378	0.866**	-0.879**	-		
Waxiness	-0.409	-0.913**	0.818**	-0.940**	-	
Hardness	-0.288	-0.546*	0.241	-0.545*	0.593*	-
Palatability	-0.390	-0.874**	0.861**	-0.960**	0.920**	0.478

\*,\*\* : Significants at 0.05 and 0.01 levels, respectively.



**Fig. 4.** Path coefficients of physical characteristics to palatability. ( ) : Degree of contribution (%).

보였다. 가열 시간은 수분 흡수율과 부의 상관을, 찰기, 경도 및 식미치와는 정의 상관을 보였다. 수분 흡수율은 찰기, 경도 및 식미치와 부의 상관을 보이고, 찰기는 경도 및 식미치와 정의 상관을, 경도는 식미치와 정의 상관을 나타내었다. 따라서 이들 물리적 특성들 및 식미치들의 상관관계를 고려할 때 공극률이 작고 가열시간 및 수분흡수율이 느리며 찰기가 높고 경도가 높을수록 식미치가 높음을 알 수 있었다.

또한 식미치에 영향을 끼치는 물리적 특성들의 기여도를 살펴보면(Fig. 4), 수분흡수율이 35.9%로 가장 높았으며 그 다음으로 공극률 > 가열시간 > 찰기 순으로 높았다. 따라서 식미치 및 물리적 특성들의 상관성 및 전문가들의 특성 등을 종합적으로 고려할 때, 현재 일반화 되어있는 많은 분석기계들을 대신하여 수분 흡수율, 공극률 및 가열시간 등 일반적인 물리성 검정만으로도 식미가 양호한 품종을 선발 할 수 있을 것으로 생각 되었다.

### 적 요

밥의 식미관련 특성에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위해 쌀의 물리적인 특성과 식미치와의 상관을 비교하였다. 공시재료로 일품, 호안, 호진, 신동진 및 고시히까리를 사용하여, 식미치, 공극률, 팽창률, 가열시간, 색도, 수분흡수율, 경도, 찰기 등을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 식미치가 높은 고시히까리의 경우 공극률 및 팽창률은

19.0 및 286%로 낮은 값을 보인 반면, 찰기 및 가열시간에서는 높은 값을 보였고, 수분흡수율은 고 시히까리 및 신동진이 일품, 호진 및 호안보다 느렸다.

2. 팽창률(-0.3897), 공극률(-0.8736) 및 수분 흡수속도(-0.9601)는 식미치와 부의 상관을 보인 반면, 가열시간(0.8608), Waxiness(0.9198) 및 경도(0.4779)는 식미치와 정의 상관성을 보였다.

3. 식미치에 대한 각 물리적 특성들의 기여도에서는 수분 흡수속도가 35.9%로 기여도가 가장 크고, 다음으로 공극률(22.7%), 가열시간(17%) 및 찰기(8.2%) 순 이었다.

### 인용문헌

Choi, H. C., H. C. Hong, and B. H. Nahm. 1997. Physiochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in Japonica rice. *Korean J. Breed.* 29(1) : 15-27.

Choi, H. C., H. C. Hong, and S. Y. Cho. 1999. Varietal Difference in retrogradation of cooked rice and its association with physiochemical properties of rice grain. *Korean J. Crop Sci.* 44(4) : 355-363.

Del Mundo, A. M. 1979. Sensory assessment of cooked milled rice. In *chemical aspects of rice grain quality*. IRRI. pp : 313-326.

Halick, J. V. and J. K. Vincent 1959. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.* 36 : 91-98.

Juliano, B. O. 1985. Criteria and tests for quality. In *rice chemistry and technology*. AACC. pp : 443-524.

Kang, H. J., I. K. Hwang, K. S. Kim, and H. C. Choi. 2003. Compar-

- tive structure and physicochemical properties of Ilpumbyeo, a high-quality japonica rice, and its mutant, Suweon 464. *J. Agric. Food Chem.* 51(22) : 6598-6603.
- Kim, S. K., H. H. Park, H. M. Chung, and K. Kim. 1983. Degree of gelatinization during cooking of rice by X-ray diffractometry. *J. Korean Agricultural Chemical Society.* 26 : 266~268.
- Kim, W. J., C. K. Kim and S. K. Kim. 1986. Evaluation and comparison of sensory quality of cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18 : 38~41.
- Kum, J. S., C. H. Lee, K. H. Back, S. H. Lee and H. Y. Lee. 1995. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37 : 365~369.
- Kim, K. S., H. J. Kang, I. K. Hwang, H. G. Hwang, T. Y. Kim, and H. C. Choi. 2004. Comparative ultrastructure of Ilpumbyeo, a high-quality japonica rice, and its mutant, Suweon 464: Scanning and transmission electron microscopy studies. *J. Agric. Food Chem.* 52(12) : 3876-3883.
- Lee, C. H. and S. H. Park. 1982. Studies on the texture describing terms of Korean. *Korean J. Food Sci. Technol.* 14 : 21~29.
- Lee, Y. J., B. K. Min, M. G. Shin, N. K. Sung, and K. O. Kim. 1993. Sensory characteristics of cooked rice stored in an electric rice cooker. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25 : 487~493.
- Suzuki, K., K. Kubota, M. Omichi and H. Hosaka. 1976. Kinetic studies on cooking of rice. *J. Food Sci.* 41 : 1180~1183.
- Tani, T. S., S. Yoshikawa, S. Chikubu, H. Horiuchi, I. Endo and H. Yanase. 1969. Physicochemical properties to palatability evaluation of cooked rice. *Eiyo To Shokuryo* 22 : 452-461.