

## 쌀 배유 조성 탄수화물 특성과 식미와의 연관성

김채은\* · 손재근\*\* · 강미영\*†

\*경북대학교 식품영양학과, \*\*경북대학교 식물생명과학부

### Relationship between Palatability and Physicochemical Properties of Carbohydrate Components in Rice Endosperm

Chae-Eun Kim\*, Jae-Keun Sohn\*\*, and Mi-Young Kang\*†

\*Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

\*\*Department of Plant Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

**ABSTRACT** Eight varieties of milled rice showing different palatabilities were studied in order to identify the relationship between physicochemical properties of carbohydrate components and their fine structure. Gopumbyeo showed the highest palatability value among the eight varieties tested. Both peak viscosity and breakdown were highest in Hitomebore, and lowest in Mihyangbyeo. No relationship was indicated between the palatability and gelatinization properties. The amylose content of starch showed a significant difference among the varieties tested. However, no relationship was found between the structure of amylose and the palatability of milled rice. The degree of branching (B/A value) was highest in Saechucheongbyeo, and lowest in Palgongbyeo in fine structure of amylopectin. But no relationship was indicated between the B/A values and the palatability of milled rice. Difference was indicated in properties of gelatinization of starch by differential scanning calorimetry. The enthalphy for gelatinization showed a significant difference among the varieties. However, no relationship was found between the enthalphy for gelatinization and the palatability of milled rice. Monosaccharide in endosperm was composed of rice were compound of rhamnose, fucose, ribose, arabinose, and xylose. The total content of monosaccharides was highest in Saechucheongbyeo, and lowest in Palgongbyeo. However, 7 varieties of milled rice, except Palgongbyeo, showed no relationship between the palatability and monosaccharides contents.

**Keywords** : amylose, carbohydrate, endosperm, gelatinization, milled rice, monosaccharides, palatability, starch

**최근**, 쌀 시장 개방에 대비한 우리 쌀의 시장 경쟁력 향상 방안으로 고 품질 쌀 육종에 대한 관심이 지대하다. 고 품질 쌀이란 “쌀알이 맑고 균일하며 식품으로서 안전성과 영양가가 높고 밥맛이 좋은 쌀” 이라고 규정하고 있으며, 밥을 주식으로 하여온 우리들의 정서에서는 밥을 지었을 때 “윤기 및 찰기가 있고, 식어도 이들 요소를 만족시키는 품종의 쌀일수록 고 품질의 쌀로 평가한다. 우리나라와 식미에 대한 기호도가 유사한 일본의 경우, 자포니카 품종 쌀들의 아밀로스, 단백질, 수분 함량으로부터 식미치를 환산하는 장치(토요식미기)를 고안하고 육종 및 재배 방법을 개량하여 식미가 우수한 쌀 품종을 육성하면서 쌀 시장 개방에 현명하게 대처하여 온 것 같다. 본 연구자들도 경상북도 브랜드 쌀 약 20여 종의 취반에 대한 기호도와 토요 식미치와의 상관성을 분석한 결과(Kwak *et al.*, 2006), 우리나라 쌀의 경우에도 밥맛이 우수하다고 알려진 품종들 간에는 높은 상관성이 있음을 확인한 바 있다.

한편, 밥맛이 아주 좋다고 알려진 쌀인 고품벼와 나쁘다고 알려진 쌀인 팔공벼를 시료로 배유 성분특성과 식미와의 연관성을 분석한 결과, 배유전분 세포벽을 구성하는 단당류의 성분 특성에 차이가 있었으며, 전분질 및 탄수화물이 나타내는 쌀가루의 호화특성에 차이가 있었다(Yoon *et al.*, 2007). 일반적으로 쌀에 물을 첨가하여 밥을 지으면, 쌀 배유 구성 탄수화물인 전분 분자의 수소결합의 재배열에 따른 호화 현상이 일어난다. 이 때 전분분자 중 아밀로펙틴 유래의 그물구조 골격에 아밀로오스가 걸쳐지는 상태로써 호화 전분젤이 형성되며, 아밀로오스 함량이 높을수록 그물구조가 촘촘해지기 때문에 전분젤의 강도가 커지게 된다. 이 때문에 단단한 느낌이 들고 식감이 떨어지는 경향이 있다(Han

†Corresponding author: (Phone) +82-53-950-6235  
(E-mail) mykang@knu.ac.kr <Received July 10, 2007>

& Hamaker, 2001; Han & Hamaker, 2000; Lii *et al.*, 1996). 또한 SEM 관찰 결과, 단단하고 끈기가 적은 밥알의 경우에는 세포벽의 붕괴가 적고, 부드럽고 끈기가 큰 밥알의 경우에는 세포벽의 붕괴가 심하다는 결과들이 있다(Leelayuthsoontorn & Thipayarat, 2006). 쌀 배유 세포는  $40 \times 50 \mu\text{m}$  정도로써, 입자의 크기가 4-8  $\mu\text{m}$  정도인 전분입자가 복립의 형태로 그 안을 채우고 있다. 이러한 전분입자는 얇은 세포막으로 이루어져 있으며, 이들 세포막은 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스로 구성되어 있다. 그러므로 취반 후 밥맛에 영향을 미치는 탄수화물 성분으로써 전분분자의 이화학적 특성 이외에 전분입자 막(아밀로플라스트 막) 조성 또한 식미에 어떠한 영향을 미칠 것이라 예상 할 수 있겠다.

이에 본 논문에서는 밥맛이 좋다고 알려진 고평벼와 시중에 유통되고 있는 6품종의 양질미, 그리고 밥맛이 특히 나쁘다고 알려진 팔공벼 등 8품종의 쌀을 시료로 하여 전분분자의 미세구조 및 전분입자 막 조성 탄수화물의 특성과 식미와의 상관성을 분석함으로써 밥맛에 영향을 미치는 탄수화물 성분 특성에 대해서 검토하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시료

고평벼, 추청벼, 새추청벼, 미향벼, 히토메보레, 남평벼, 일품벼 및 팔공벼 등 8품종의 쌀들을 농촌진흥청으로부터 제공받아 시료로 사용하였다.

### 식미치 측정

쌀에 함유되어 있는 이화학적 성분으로 단백질, 수분, 아밀로오스 함량을 각각 분석하고, 이들의 함량에 근거하여, 식미 반영 점수를 환산하여서 식미치로써 표시하도록 고안된 장치인 쌀 품질분석기(Rice analyzer)를 사용하여 분석하였다. 이들의 함량에 근거하여 식미반영 점수(식미치)로써 표시하도록 고안된 장치인 TOYO(M90 series, Japan)에 백미 33 g을 취하여 측정하였다(Kim *et al.*, 2005).

### 쌀가루의 호화에 따른 물성 비교

신속점도 측정계(Rapid Visco Analyzer, Newport Co., Australia)를 사용하여 쌀가루 호화액의 점도를 측정하여 RVA viscogram으로부터 initial pasting temperature, peak viscosity, final viscosity를 각각 구하였다(Choi *et al.*, 2005). 최고점도에서 최저점도를 뺀 값을 breakdown으로 하였고, 점도단위는 RVU(Rapid Visco Unit)로 표시하였다.

### 쌀 배유 전분의 이화학적 특성 비교

쌀 배유를 구성하고 있는 전분입자의 형태 비교를 위하여, 쌀 곡립을 단축방향으로 절단한 단면을 주사전자현미경(scanning electron microscope, Hitachi S-4200, Japan)을 이용하여 1500배 확대 배율로 관찰하였다(Kang *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2004). 또한 쌀가루를 알칼리 침지 후, isoamyl alcohol, acetone 및 ethanol을 이용해서 조단백질, 조지질을 각각 분리 제거하여 전분분획을 제조하였으며, 이들을 시료로 하여 알칼리 호화시킨 후, 요오드 정색반응을 시키고 분광광도계로 500~700 nm까지의 흡수 스펙트럼을 측정하였다(Asaoka *et al.*, 1984). 이 흡수 스펙트럼으로부터  $\lambda_{\text{max}}$ 와 최대 흡수파장에서의 흡광도, 680 nm에서의 흡광도 값인 blue value를 구하였다. 그리고 전분분자인 amylose 및 amylopectin의 chain length 분포도를 다음과 같이 측정하였다. 전분 30 mg을 취하여 4°C에서 알칼리 호화시킨 후, isoamylase를 첨가하여 40°C에서 24시간 동안 전분 분자의 debranching을 실시하고, gel permeation chromatography(GPC) 분석을 실시하였다(Kang and Choi, 1993). 그리고 전분입자의 호화특성은 differential scanning calorimetry(DSC)를 이용하여 호화개시온도( $T_0$ ), 최대호화온도( $T_p$ ), 호화종결온도( $T_c$ ) 및 호화엔탈피( $\Delta H$ )를 각각 비교하였다(Kim and Kim, 2000).

### 쌀 배유 세포벽 구성 탄수화물의 조성 비교

전분입자 분획으로부터 termamyl 등의 효소처리에 의해서 비전분성 다당류를 분리하고, 이것을 황산으로 산 가수분해시켜 다당류 분획을 조제(Hans N. Englyst *et al.*, 1992)한 후, GC-Mass(GC: Hewlett-Packard사의 HP 6890 series, Mass: JMS-700)를 이용해 구성당의 함량 및 성분 조성을 분석하였다. Alditol acetate류(acetyl화 시킨 rhamnose, fucose, ribose, arabinose, inositol, mannose, glucose, galactose)들을 표품으로 하여 함량을 각각 계산하였다.

### 통계처리

각 항목에 따른 실험결과는 SPSS PC를 사용하여 평균치와 표준편차를 산출하였고, 평균치간 유의성은 One-way ANOVA를 이용하여  $P < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 품종별 쌀의 식미치 변이

식미와 가장 밀접한 연관이 있는 쌀 배유 구성성분으로

아밀로오스 및 단백질 함량을 들 수 있으며, 일반적으로 쌀의 단백질 함량이 7% 미만이고 수분 함량은 15~16% 정도 범위이면서 아밀로오스 함량은 낮을수록 밥맛이 좋은 경향이 있다(Choi *et al.*, 1997). 또한 단백질 함량이 높을수록 밥을 지었을 때 딱딱하게 느껴지고 점탄성에 대한 기호도가 떨어지는 경향을 보이는 것으로 알려져 있다(Choi, 2002). 토요식미기를 사용하여 분석한 8품종 쌀 배유구성 단백질, 수분, 아밀로오스 함량 및 이들의 함량에 근거하여, 식미 반영 점수를 환산한 8품종 쌀들의 식미치(표 1)는 품종 간에 큰 차이가 있었으며, 식미치가 높을수록 단백질 함량은 낮고, 아밀로오스 함량은 높은 것을 알 수 있었다. 특히 시험에 사용한 8품종 쌀 중에서 고품벼의 식미치가 가장 높은 수치인 84.8을 나타내었고, 양질미 품종으로서 시중에 유통되고 있는 것으로는 히토메보레 품종이 82.9로서 다른 품종들보다 높은 수치를 나타내고 있었다. 한편 식미치가 가장 낮은 품종은 팔공벼(식미치; 62)였고, 양질미로써 시중에 유통되는 품종들 중에서는 미향벼(식미치; 67)가 가장 낮은 식미치를 나타내고 있었다. 그리고 시중에 유통되고 있는 양질미로써 추정벼를 포함한 6품종의 쌀들은 67에서 83사이의 수치로 시험에 사용한 쌀 시료들의 식미치 간에는 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었다. 그러므로 식미치에 대해서 의미 있는 차이를 보이는 8품종 쌀 배유구성 성분들의 이화학적 특성과 식미 간에는 어떠한 상관성이 있을 것이라 예상할 수 있겠다. 이에, 우선 쌀 배유구성 성분 중 그 함량이 가장 높은 탄수화물의 이화학적 특성과 식미와의 연관성에 대해서 검토하였다.

### 품종별 쌀의 호화특성 변이

탄수화물이 나타내는 대표적인 물성인 호화특성은 쌀을

포함하는 전분질 식품들의 가공특성을 평가하는 중요한 지표로써 활용된다. 이러한 호화특성은 신속점도계를 사용하여 측정하며, 전분-물-열의 상호작용에 의해서 형성되는 *pasting curve*(아밀로그래프)의 변화를 통하여 시료의 이화학적 특성들, 이를테면 전분의 종류 및 양 또는 지질, 단백질, 기타 미량 화합물들의 존재 및 영향에 대해 검토한다(Fitzgerald *et al.*, 2003; Klucinec & Thompson, 2002; Lisle *et al.*, 2000; Shinde *et al.*, 2003; Tran *et al.*, 2001). 호화특성과 식미치와의 연관성을 검토한 결과, 토요식미치를 결정하는데 사용되었던 단백질의 함량은 호화특성을 판단하는 아밀로그래프의 최고점도와 *breakdown* 수치와 부의 상관이었으나, 호화특성과 밀접한 연관성이 있으리라 예상이 가능한 아밀로오스 함량과는 아무런 상관성이 없었다는 선행연구 결과들이 보고된바 있다(Han and Hamaker, 2001). 또한 아밀로그래프의 *breakdown* 수치가 높을수록 식미치가 높고(Jennifer & Les, 2004), 단백질의 함량이 낮을수록 최고점도 및 *breakdown* 수치가 높다(Saitoh *et al.*, 2002)고 한다. 이에 본 논문에서도 8품종 쌀의 아밀로그래프에 의한 호화특성 비교(표 2) 및 식미치(표 1)와의 상관성을 검토하였다. 시험에 사용한 8품종의 쌀들은 호화특성에 유의미한 차이가 있어, 호화 온도 69°C~83°C의 범위였으며, 특히 미향벼와 남평벼는 다른 품종들에 비해서 호화시간이 유의적으로 길었다. 최고점도는 히토메보레가 가장 높았으며, 미향벼가 가장 낮았고, 품종 간에도 유의미한 차이를 나타내고 있었다. *Breakdown* 수치도 품종 간에 유의미한 차이가 있었으며, 미향벼가 가장 낮았고 히토메보레가 가장 높았다. 그러나 이들 호화특성과 식미치와는 아무런 상관성이 없어서 예를 들면, 최고점도가 가장 높은 품종은 히토메보레였으며, 식미치가 가장 높았던 고품벼의 최고점도는 식미치가 가장 낮았던 팔공벼

**Table 1.** Physicochemical properties of milled rice and palatability.

Varieties	Protein (%)	Moisture (%)	Amylose (%)	Palatability
Gopumbyeo	7.25±0.07 <sup>c</sup>	13.23±0.05 <sup>d</sup>	15.57±0.02 <sup>a</sup>	84.82±0.24 <sup>h</sup>
Hitomebore	6.91±0.05 <sup>b</sup>	15.68±0.05 <sup>e</sup>	17.81±0.01 <sup>d</sup>	82.89±0.01 <sup>g</sup>
Chucheongbyeo	7.04±0.01 <sup>b</sup>	14.14±0.04 <sup>f</sup>	18.05±0.03 <sup>e</sup>	76.90±0.03 <sup>f</sup>
Ilpumbyeo	6.71±0.05 <sup>a</sup>	12.98±0.10 <sup>e</sup>	17.74±0.05 <sup>d</sup>	75.52±0.05 <sup>e</sup>
Nampyeongbyeo	7.32±0.10 <sup>c</sup>	13.47±0.05 <sup>e</sup>	17.59±0.03 <sup>c</sup>	73.36±0.04 <sup>d</sup>
Saechucheongbyeo	6.93±0.02 <sup>b</sup>	12.74±0.12 <sup>b</sup>	18.22±0.04 <sup>f</sup>	71.86±0.05 <sup>c</sup>
Mihyangbyeo	8.11±0.01 <sup>d</sup>	13.25±0.05 <sup>d</sup>	17.54±0.03 <sup>c</sup>	67.14±0.01 <sup>b</sup>
Palgongbyeo	8.61±0.05 <sup>e</sup>	12.45±0.07 <sup>a</sup>	17.07±0.03 <sup>b</sup>	61.93±0.04 <sup>a</sup>

Mean±S.D

Means with the same letter are not significantly different (p<0.05).

**Table 2.** Pasting properties and viscosity of flour of rice varieties.

Varieties	Pasting Temp. (°C)	Pasting Time (min)	Viscosity (RVU) <sup>†</sup>		
			Peak	Final	Breakdown
Gopumbyeo	70.20±0.70 <sup>a</sup>	2.82±0.21 <sup>a</sup>	2996.50±7.77 <sup>bc</sup>	2954.00±67.88 <sup>a</sup>	1140.50±53.03 <sup>ab</sup>
Hitomebore	70.45±0.08 <sup>a</sup>	2.73±0.00 <sup>a</sup>	3285.00±59.57 <sup>d</sup>	3208.00±90.20 <sup>b</sup>	1575.00±31.57 <sup>d</sup>
Chucheongbyeo	70.20±0.86 <sup>a</sup>	2.71±0.07 <sup>a</sup>	3047.00±81.24 <sup>c</sup>	3698.00±178.84 <sup>d</sup>	1273.00±23.00 <sup>bc</sup>
Ilpumbyeo	69.70±0.05 <sup>a</sup>	2.67±0.00 <sup>a</sup>	2961.00±51.40 <sup>bc</sup>	3466.00±100.89 <sup>c</sup>	1203.00±24.54 <sup>b</sup>
Nampyeongbyeo	81.65±8.36 <sup>b</sup>	3.69±0.71 <sup>b</sup>	2900.00±67.84 <sup>b</sup>	3710.00±125.92 <sup>c</sup>	1240.00±37.58 <sup>bc</sup>
Saechucheongbyeo	69.68±0.75 <sup>a</sup>	2.67±0.06 <sup>a</sup>	3046.00±51.48 <sup>c</sup>	3451.00±107.03 <sup>d</sup>	1326.00±91.32 <sup>c</sup>
Mihyangbyeo	82.75±10.00 <sup>b</sup>	3.78±0.84 <sup>b</sup>	2522.00±24.55 <sup>a</sup>	3473.00±33.08 <sup>c</sup>	905.00±45.82 <sup>a</sup>
Palgongbyeo	73.45±0.84 <sup>ab</sup>	2.98±0.07 <sup>a</sup>	3007.00±9.89 <sup>c</sup>	2904.50±24.74 <sup>a</sup>	1234.00±49.49 <sup>b</sup>

Mean±S.D

Means with the same letter are not significantly different (p&lt;0.05).

<sup>†</sup>Rapid Visco Unit

보다도 오히려 더 낮은 수준을 보이는 등 선행연구(Yoon *et al.*, 2007) 결과들과 전혀 일치하지 않는 결과들을 얻었다. 또한 breakdown 수치 역시 높을수록 식미치가 높았다는 선행연구의 결과들과도 일치하지 않았다. 즉 전분질 식품이 나타내는 호화특성이란 공존하는 성분들의 단순한 함량에 의해서 좌우되는 것이 아니고, 공존하는 성분들의 분자구조에 대한 검토도 병행하여야 할 필요성이 요구되는 결과라 할 수 있겠다. 이에 쌀 배유구성 성분 중 그 함량이 가장 많은 탄수화물 성분들에 대한 검토를 실시하였다.

#### 품종별 쌀 배유 전분입자 및 전분분자의 특성 변이

품종별 배유 전분입자의 형태 및 존재양상의 비교를 위하여 쌀 곡립 단면을 SEM으로 관찰하였다(그림 1). 일반적으로 쌀 전분입자는 직경 5 µm 정도 미만의 전분입자(단립)들이 복립의 형태를 유지하면서 존재한다. 모든 품종들에서 복립의 형태로 존재하고 있음은 확연히 관찰할 수 있었으며, 그 크기 및 형태를 균일하고 불규칙적으로 존재하는 것들로의 분류가 가능하기도 하였다. 이러한 전분입자의 형태적인 차이가 식미와 어떠한 차이가 있는지에 대한 연구는 향후 전분입자의 막조성 탄수화물과 전분입자 막 주위에 존재하는 단백질들의 취반에 따른 거동에 대한 검토를 수반하면서 이루어져야 할 것으로 사료된다. 이러한 전분입자 속에 포함되어 있는 전분분자의 이화학적 특성을 품종별로 비교하기 위해서 전분분자의 미세구조 및 DSC에 의한 호화특성을 검토하였다.

쌀 품종별로 배유 전분분자 분획을 분리하여, 이들 전분분자 중의 아밀로오스의 특성을 알아보기 위해서 우선 전분

**Table 3.** Varietal difference in wave length of maximum absorbance and blue value by colorimetric measurement for starch-I<sub>2</sub> complex blue color.

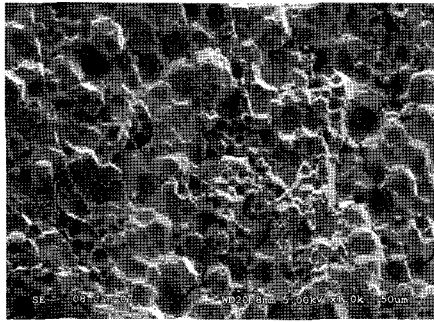
Varieties	Amylose contents from blue value (%)	Wave length of maximum absorbance	
		nm	OD
Gopumbyeo	13.88±0.02 <sup>b</sup>	585.33±1.52 <sup>c</sup>	2.79±0.02 <sup>a</sup>
Hitomebore	14.06±0.06 <sup>bc</sup>	578.00±2.00 <sup>a</sup>	2.93±0.03 <sup>b</sup>
Chucheongbyeo	15.04±0.21 <sup>ef</sup>	585.66±1.53 <sup>c</sup>	3.04±0.05 <sup>c</sup>
Ilpumbyeo	15.11±0.02 <sup>bf</sup>	584.66±3.79 <sup>bc</sup>	3.04±0.01 <sup>c</sup>
Nampyeongbyeo	14.74±0.03 <sup>d</sup>	584.33±2.08 <sup>bc</sup>	2.99±0.01 <sup>c</sup>
Saechucheongbyeo	14.87±0.09 <sup>de</sup>	582.00±1.73 <sup>abc</sup>	3.03±0.00 <sup>c</sup>
Mihyangbyeo	14.21±0.02 <sup>c</sup>	580.00±1.00 <sup>a</sup>	2.99±0.01 <sup>c</sup>
Palgongbyeo	13.05±0.05 <sup>a</sup>	580.66±2.51 <sup>ab</sup>	2.76±0.04 <sup>a</sup>

Mean±S.D

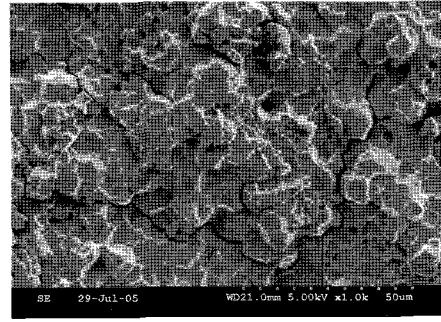
Means with the same letter are not significantly different (p&lt;0.05).

-요오드 정색반응을 검토하였다(표 3). 전분분자 중 아밀로오스와 요오드가 정색 반응 결과인 청가(blue value)로부터 환산한 아밀로오스 함량은 품종 간에 유의미한 차이가 있었다. 또한 이들 수치는 본 논문의 표 1에 나타나 있는 토요식미기에 의해서 분석하여, 식미치에 반영하고 있는 아밀로오스 함량과는 차이가 있음을 알 수 있다. 그리고 아밀로오스 색장의 길이를 유추할 수 있는 최대 흡수파장도 차이가 있었다. 그러나 이러한 아밀로오스 분자의 특성들과 토요식미치 간에는 역시 어떠한 상관성도 얻을 수가 없었다.

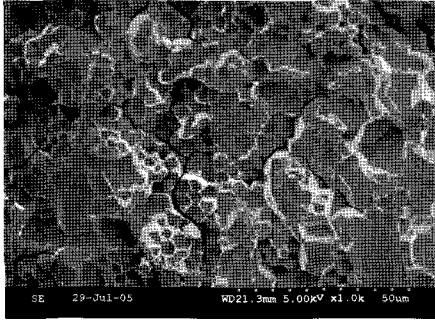
또한 전분분자의 아밀로펙틴 분자특성을 쌀 품종 별로 비교하기 위하여, 알칼리 호화시킨 전분분자의 α-1, 6 결합을



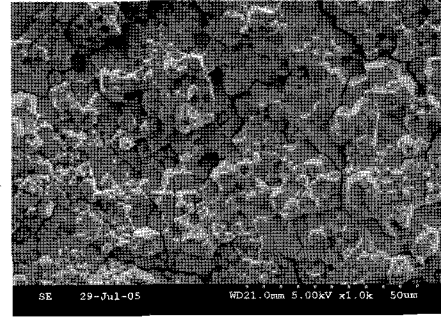
[Gopumbyeo]



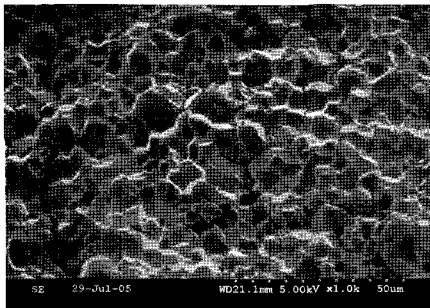
[Hitomebore]



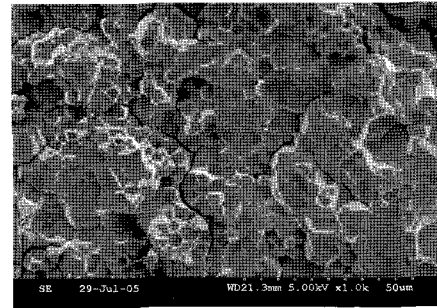
[Chucheongbyeo]



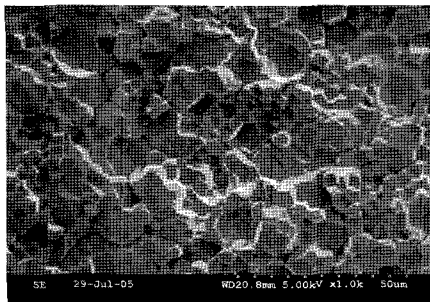
[Ilpumbyeo]



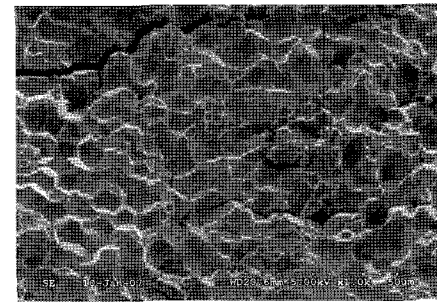
[Nampyeongbyeo]



[Saechucheongbyeo]



[Mihyangbyeo]



[Palgongbyeo]

Fig. 1. Scanning electron micrographs of cross-sectioned rice grains.

이소아밀라아제로 가수분해시킨 후 gel permeation chromatography를 실시하였다(표 4). 동일한 조건에서 처리한 옥수수(Ikawa *et al.*, 1981; Inouchi *et al.*, 1984), 고구마(Sugimoto

*et al.*, 1982), 울무(Ikawa *et al.*, 1983), 보리(Kang *et al.*, 1985) 전분의 아밀로펙틴 유래의 포도당 쇄장보다 본 실험에 사용한 8품종 쌀 배유 전분분자의 포도당 쇄장 길이가

짧은 경향이 있지만 품종간의 차이는 있었다. 일반적으로 전분분자의 경우 포도당들이 α-1, 4 결합에 의해서 약 20~30개 연결이 되고나서 α-1, 6 결합으로써 가지가 쳐지는 구조라는 점을 감안하여 쇠장이 25개 초과(A)와 25개 이하(B)로 구분하여 이들의 비로써 아밀로펙틴 미세구조의 특성을 살펴보면, 즉B/A의 값이 클수록 가지쳐진 정도가 높다는 것을 의미하는 것이고, 이러한 분자구조상의 특성은 취반 전분의 물성에 어떠한 형태로도 관여할 것이라는 것을 유추할 수 있을 것이다. 8품종 쌀 중에서 B/A의 값이 높은 품종은 새추청벼였고, 가장 낮은 품종은 팔공벼였다.

전분분자의 미세구조란, 아밀로펙틴이 형성하는 구조적인 특성(표 4의 B/A의 값)과 아밀로오스 분자의 구조적인 특성(표 3의 최대흡수파장 및 흡광도)으로부터 구성되는 것으로서, 이러한 미세구조의 이화학적 특성을 파악하는 또

하나의 방법으로 전분-물-열의 작용에 의한 DSC 분석을 들 수 있다. 즉 전분분자의 미세구조가 붕괴되기 시작하는 시점을 호화개시 온도으로써 나타내며, 전분분자의 미세구조를 붕괴시키는데 필요한 에너지를 호화엔탈피로써 표현할 수 있는 것이다(Hizukuri, 1985; Bogracheva *et al.*, 1988; Banks *et al.*, 1974; Hizukuri, 1971; Kinuma & French, 1971a; Kinuma & French, 1971b). 이러한 전분입자의 호화특성(표 5)에서 호화엔탈피는 품종 간 차이를 보이기는 했으나, 식미치와는 상관성을 보이지 않았다.

**배유 전분 세포벽 구성 탄수화물 조성 변이**

쌀 전분입자 세포벽을 구성하고 있는 헤미셀룰로오스성 다당은 xylan이며, arabinose, galactose, glucuronic acid 등이 side chain의 형태로 조성되어 있다(Yui *et al.*, 1995; Shibuya

**Table 4.** Varietal differences in chain length distribution of rice starches debranched by isoamylase.

Varieties	Chain length distribution (%)					B/A
	A			B		
	C.L.>67	67≥C.L.>35	35≥C.L.>25	25≥C.L.>8	8≥C.L.	
Gopunbyeo	0.52±0.04 <sup>b</sup>	9.82±0.15 <sup>e</sup>	8.11±0.03 <sup>e</sup>	58.48±0.42 <sup>a</sup>	22.93±0.17 <sup>a</sup>	4.41±0.16 <sup>a</sup>
Hitomebore	-	6.32±0.01 <sup>e</sup>	7.20±0.03 <sup>d</sup>	61.88±0.14 <sup>b</sup>	24.80±0.12 <sup>bc</sup>	6.41±0.07 <sup>c</sup>
Chucheongbyeo	0.52±0.07 <sup>b</sup>	5.05±0.39 <sup>cd</sup>	6.09±0.02 <sup>a</sup>	61.31±0.34 <sup>b</sup>	27.57±0.06 <sup>c</sup>	7.62±0.18 <sup>d</sup>
Ilpumbyeo	0.66±0.07 <sup>b</sup>	5.58±0.18 <sup>d</sup>	8.72±0.03 <sup>e</sup>	61.17±0.21 <sup>b</sup>	24.58±0.60 <sup>b</sup>	5.73±0.25 <sup>b</sup>
Nampyeongbyeo	0.01±0.02 <sup>a</sup>	3.92±0.09 <sup>b</sup>	6.58±0.03 <sup>bc</sup>	62.99±0.46 <sup>c</sup>	25.89±0.15 <sup>bc</sup>	8.46±0.18 <sup>e</sup>
Saechucheongbyeo	-	2.55±0.10 <sup>a</sup>	6.36±0.21 <sup>b</sup>	68.46±0.65 <sup>e</sup>	23.18±0.59 <sup>a</sup>	10.28±0.36 <sup>f</sup>
Mihyangbyeo	1.39±0.24 <sup>c</sup>	4.48±0.50 <sup>bc</sup>	6.74±0.07 <sup>c</sup>	64.84±0.20 <sup>d</sup>	22.30±0.08 <sup>a</sup>	6.91±0.21 <sup>c</sup>
Palgongbyeo	0.03±0.03 <sup>a</sup>	8.06±0.24 <sup>e</sup>	10.61±0.46 <sup>f</sup>	58.81±0.19 <sup>a</sup>	21.86±0.17 <sup>a</sup>	4.31±0.21 <sup>a</sup>

Mean±S.D

Means with the same letter are not significantly different (p<0.05).

**Table 5.** Heat of gelatinization characteristics of the starches from rice varieties.

Varieties	DSC characteristics			
	To	Tp	Tc	ΔH(J/g)
Gopumbyeo	61.34±0.28 <sup>b</sup>	69.87±1.07 <sup>c</sup>	73.90±0.82 <sup>b</sup>	0.55±0.29 <sup>a</sup>
Hitomebore	58.79±0.35 <sup>a</sup>	63.30±1.37 <sup>a</sup>	70.62±0.68 <sup>a</sup>	1.49±0.24 <sup>b</sup>
Chucheongbyeo	59.37±0.72 <sup>a</sup>	64.77±1.26 <sup>ab</sup>	71.97±0.44 <sup>a</sup>	3.37±1.68 <sup>d</sup>
Ilpumbyeo	58.64±0.33 <sup>a</sup>	64.36±0.54 <sup>ab</sup>	72.07±0.22 <sup>a</sup>	2.07±0.37 <sup>bc</sup>
Nampyeongbyeo	60.07±0.43 <sup>a</sup>	65.90±0.16 <sup>b</sup>	71.46±0.86 <sup>a</sup>	1.68±0.49 <sup>b</sup>
Saechucheongbyeo	58.87±1.60 <sup>a</sup>	63.80±0.19 <sup>a</sup>	71.53±1.27 <sup>a</sup>	3.26±0.15 <sup>d</sup>
Mihyangbyeo	59.28±1.10 <sup>a</sup>	64.64±0.00 <sup>ab</sup>	71.43±1.01 <sup>a</sup>	2.06±1.69 <sup>bc</sup>
Palgongbyeo	63.11±1.11 <sup>b</sup>	70.87±0.50 <sup>d</sup>	75.01±0.98 <sup>bc</sup>	0.89±0.22 <sup>a</sup>

Mean±S.D

Means with the same letter are not significantly different (p<0.05).

Table 6. Sugar contents of rice varieties.

(μg/g)

Varieties	Rhamnose(%)	Fucose(%)	Ribose(%)	Arabinose(%)	Xylose(%)	Total(%)
Gopumbyeo	2.87±0.11 <sup>c</sup> (10.24)	5.40±0.14 <sup>g</sup> (19.26)	1.13±0.09 <sup>e</sup> (4.03)	17.47±0.09 <sup>g</sup> (62.33)	1.16±0.07 <sup>f</sup> (4.14)	28.03±0.10 <sup>b</sup> (100)
Hitomebore	2.50±0.04 <sup>a</sup> (7.09)	9.60±0.05 <sup>d</sup> (27.23)	1.15±0.02 <sup>b</sup> (3.26)	21.50±0.02 <sup>c</sup> (60.99)	0.50±0.01 <sup>b</sup> (1.42)	35.25±0.03 <sup>c</sup> (100)
Chucheongbyeo	4.40±0.01 <sup>bc</sup> (11.24)	8.45±0.01 <sup>c</sup> (21.58)	1.55±0.03 <sup>b</sup> (3.96)	22.25±0.05 <sup>d</sup> (56.83)	2.50±0.03 <sup>d</sup> (6.39)	39.15±0.01 <sup>c</sup> (100)
Ilpumbyeo	6.05±0.01 <sup>c</sup> (14.81)	6.10±0.01 <sup>b</sup> (14.93)	4.15±0.03 <sup>d</sup> (10.16)	24.45±0.02 <sup>c</sup> (59.85)	0.10±0.00 <sup>a</sup> (0.24)	40.85±0.01 <sup>c</sup> (100)
Nampyeongbyeo	6.05±0.03 <sup>c</sup> (20.30)	5.35±0.05 <sup>a</sup> (17.95)	2.50±0.02 <sup>c</sup> (8.39)	15.60±0.05 <sup>b</sup> (52.35)	0.30±0.00 <sup>ab</sup> (1.01)	29.80±0.03 <sup>b</sup> (100)
Saechucheongbyeo	6.65±0.06 <sup>d</sup> (11.65)	11.75±0.08 <sup>e</sup> (20.58)	4.45±0.03 <sup>d</sup> (7.79)	32.50±0.01 <sup>f</sup> (56.92)	1.75±0.02 <sup>c</sup> (3.06)	57.10±0.04 <sup>d</sup> (100)
Mihyangbyeo	6.48±0.01 <sup>f</sup> (14.87)	8.27±0.03 <sup>f</sup> (18.98)	3.65±0.05 <sup>f</sup> (8.38)	24.25±0.01 <sup>h</sup> (55.64)	0.93±0.02 <sup>d</sup> (2.13)	43.58±0.02 <sup>c</sup> (100)
Palgongbyeo	1.36±0.11 <sup>d</sup> (8.36)	1.70±0.03 <sup>c</sup> (10.46)	0.10±0.01 <sup>a</sup> (0.61)	12.14±0.02 <sup>a</sup> (74.66)	0.96±0.01 <sup>e</sup> (5.90)	16.26±0.04 <sup>a</sup> (100)

Mean±S.D

Means with the same letter are not significantly different (p&lt;0.05).

et al., 1983). 시료로 사용한 8품종 쌀 배유 전분분획들로부터 헤미셀룰로오스성 다당을 구성하고 있는 단당류의 조성 및 함량과 식미와의 연관성을 검토하였다(표 6). 배유 전분 세포벽 구성 당의 조성을 살펴보면, rhamnose, fucose, ribose, arabinose, xylose 순으로 분리되었으며, 5탄당인 arabinose는 새추청벼가 32.50 μg/g, xylose는 추청벼가 2.50 μg/g으로 가장 높았다. 그 외에 rhamnose, fucose, ribose 모두 새추청벼가 가장 높게 나타났다. 쌀의 거의 대부분을 차지하고 있는 전분입자의 세포막이 취반 후 밥맛에 영향을 미칠 것이라는 예상과는 달리 배유 전분 세포벽 구성 당의 조성 및 함량은 식미치와 상관이 없는 것을 알 수 있었다. 이에 따라 향후 전분입자의 세포벽을 구성하고 있는 헤미셀룰로오스성 다당의 구조 등에 대한 세부적인 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## 적 요

8품종의 쌀을 시료로 하여 전분분자의 미세구조 및 전분입자 막 조성 탄수화물의 특성과 식미치와의 상관을 분석함으로써 밥맛에 영향을 미치는 탄수화물 성분 특성에 대해서 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 본 연구에 사용한 8품종 가운데 식미치는 고평벼가 가장 높았다.
2. 아밀로그래프상의 호화특성에도 유의미한 차이가 있었는데, 최고 점도(Peak viscosity)와 강하 점도(breakdown)는 히토메보레가 가장 높았고, 미향벼가 가장 낮았다. 그러나 이들 아밀로그래프상의 호화특성과 식미치와는 아무런 상관이 없었다.
3. 전분분자 중의 아밀로오스 함량은 품종 간에 유의미한 차이가 있었고, 토요식미기에 의해서 분석된 아밀로오스 함

량과도 차이가 있었다. 그러나 아밀로오스 분자의 구조적인 특성과 식미치 간에는 상관이 없었다.

4. 아밀로펙틴의 미세구조 중 B/A의 값이 가장 큰 품종은 새추청벼였고, 가장 작은 품종은 팔공벼였다. 그러나 이들 수치와 식미치와는 상관이 인정되지 않았다.

5. DSC에 의한 전분입자의 호화특성도 품종 간에 차이가 있었으며, 특히 호화엔탈피는 품종 간 차이가 크게 나타났다. 그러나 호화엔탈피 역시 식미치와는 상관이 없었다.

6. 쌀 배유전분분획의 헤미셀룰로오스성 다당을 구성하고 있는 단당류는 rhamnose, fucose, ribose, arabinose, xylose 등이었으며, 총 단당류 함량은 새추청벼가 가장 높았고, 팔공벼가 가장 낮았다. 그러나 팔공벼를 제외한 양질미에서는 식미치와 상관이 없는 것을 알 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 BK21 사업 연구 지원으로 수행된 연구결과이므로 이에 감사드립니다.

## 인용문헌

- Assoka, M., K. Okuno, S. Sawada, Y. Sugimoto, J. Kawakami, and H. Fuwa. 1984. Effect of environmental temperature during development of rice plants on some properties endosperm starch. *Stärke*. 36 : 189-194.
- Banks, W., C. T. Greenwood, and D. D. Muir. 1974. Studies on starches of high amylose content; part 17. A review of current concepts. *Stärke*. 26 : 289-300.
- Bogacheva, T. Y., V. J. Morris, S. G. Ring, and C. L. Hedley. 1988. The granular structure of C-type pea starch and its role in gelatinization. *Biopoly*. 45: 323-332.
- Choi, G. C., H. S. Na, G. S. Oh, S. K. Kim, and K. Kim.

2005. Gelatinization properties of waxy black rice starch. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34(1) : 87-92.
- Choi, H. C. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. *Korean J. Crop Sci.* 47(S) : 15-32.
- Choi, H. C., H. C. Hong, and B. H. Nahm. 1997. Physicochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in japonica rice. *Korean J. Breed.* 29(1) : 15-27.
- Fitzgerald, M. A., M. Martin, and R. M. Ward. 2003. Viscosity of rice flour: A rheological and biological study. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 2295-2299.
- Han, X. and B. R. Hamaker. 2000. Functional and microstructural aspects of soluble corn starch in pastes and gels. *Starch.* 52 : 76-80.
- Han, X. and B. R. Hamaker. 2001. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *J. of Cereal Sci.* 34 : 279-284.
- Hans N. Englyst, Michael E. Quigley, G. J. Hudson, and J. H. ummings. 1992. Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography. *Analyst.* 117 : 1707-1714.
- Hizukuri, S. 1971. X-ray diffractometric studies on starches. *Agric. Biol. Chem.* 25 : 45-52.
- Hizukuri, S. 1985. Relationship between the distribution of the chain-length of amylopectin and the crystalline-structure of starch granules. *Carbohydr. Res.* 141 : 295-306.
- Ikawa, Y., D. V. Glover, Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1981. Some structural characteristics of starches of maize having a specific genetic background. *Staerke.* 33 : 9-13.
- Ikawa, Y., M. Y. Kang, Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1983. Some properties of starches of job's tears. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 30 : 5-12.
- Inouchi, N., D. V. Glover, Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1984. Developmental changes in starch properties of several endosperm mutants of maize. *Staerke.* 36 : 8-13.
- Jennifer, M. C. D. and C. Les. 2004. Genotype and environmental influences on pasting properties of rice flour. *Cereal Chem.* 81(4) : 486-489.
- Kainuma, K. and D. French. 1971a. Naegeli amylopectin and its relationship to starch granule structure (I). *Biopoly.* 10 : 1673-1681.
- Kainuma, K. and D. French. 1971b. Naegeli amylopectin and its relationship to starch granule structure (II). *Biopoly.* 11 : 2241-2249.
- Kang, M. Y. and H. C. Choi. 1993. Varietal variation in structure and physical characteristics of rice endosperm starch. *Korean J. Crop Sci.* 38(6) : 413-523.
- Kang, M. Y., Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1985. Some properties of large and small starch granules of barley endosperm. *Agric. Biol. Chem.* 19 : 1291-1297.
- Kang, H. J., I. K. Hwang, K. S. Kim, and H. C. Choi. 2003. Comparative 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, K. S., H. J. Kang, I. K. Hwang, H. G. Hwang, T. K. 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.
- Kim, K. Y. and S. M. Kim. 2000. A study on the characteristics of starch by measuring DSC and GPC. *J. Basic Sci. Sungshin.* 18 : 59-79.
- Kim, Y. D., U. G. Ha, Y. C. Song, J. H. Cho, E. I. Yang, and J. K. Lee. 2005. Palatability evaluation and physical characteristics of cooked rice. *Korean J. Crop. Sci.* 50(S) : 24-28.
- Klucinec, J. D. and D. B. Thompson. 2002. Amylopectin nature and amylose-to-amylopectin ratio as influences on the behavior of gels of dispersed starch. *Cereal Chem.* 79 : 24-35.
- Kwak, Y. M., C. E. Kim, J. K. Sohn, and M. Y. Kang. 2006. Grain quality of commercial brand rice produced in kyungpook province. *Korean J. Crop Sci.* 51(7) : 645-651.
- Leelayuthsoontorn, P. & A. Thipayarat. 2006. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. *Food Chemistry.* 96(4) : 606-613.
- Lii, C. Y., M. L. Tsai, and K. H. Tseng. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chem.* 73 : 415-420.
- Lisle, A. J., M. Martin, and M. A. Fitzgerald. 2000. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. *Cereal Chem.* 77 : 627-632.
- Saitoh K., T. Yamami, T. Ishibe, Y. Matsue, T. Ogata, and T. Kuroda. 2002. Effects of organic fertilization and pesticide Application on palatability and physicochemical properties of cooked rice. *Jpn. J. Crop Sci.* 71(2) : 169-173.
- Shinde, S. V., J. E. Nelson, and K. C. Huber. 2003. Soft wheat starch pasting behavior in relation to A- and B-type granule content and composition. *Cereal Chem.* 80 : 91-98.
- Sugimoto, Y., K. Nishihara, M. Inoue, and H. Fuwa. 1982. Some properties of starch granules from different plant species. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 29 : 19-26.
- Tran, U. T., H. Okadome, M. Murata, S. Homma, and K. Ohtsubo, 2001. Comparison of Vietnamese and Japanese rice cultivars in terms of physicochemical properties. *Food Sci. Technol. Res.* 7 : 323-330.
- Yoon, M. R., C. E. Kim, H. J. Koh, and M. Y. Kang. 2007. Physicochemical properties of rice kernels affected on palatability. *Korean J. Crop Sci.* 52(1) : 45-50.
- Yui, T., K. Imada, N. Shibuya, and K. Ogawa. 1995. Conformation of an arabinoxylan isolated from the rice endosperm cell wall by X-ray diffraction and a conformational analysis. *Biosci. Biotech. Biochem.* 59(6) : 965-968.