

## 발아에 따른 현미의 품질 변화

김대중 · 오세관\* · 이정희 · 윤미라 · 최임수 · 이동현<sup>1</sup> · 김연규  
농촌진흥청 국립식량과학원, <sup>1</sup>(주) 미실란

### Changes in Quality Properties of Brown Rice after Germination

Dae-Jung Kim, Sea-Kwan Oh\*, Jeong-Heui Lee, Mi-Ra Yoon, Im-Soo Choi, Dong-Hyen Lee<sup>1</sup>, and Yeon-Gyu Kim  
National Institute of Crop Science, Rural Development Administration  
<sup>1</sup>Misillan Company

**Abstract** The objective of this study was to evaluate quality properties, including amylose, alkali digestion value (ADV), and amylogram, of brown rice and germinated brown rice of some cultivars in Korea for rice processing products. The protein content of brown rice was significantly higher than those of germinated brown rice. The amylose content of the samples ranged from 17.09 to 18.85%. Alkali digestion value (ADV) of brown rice and germinated brown rice were described as a grade of 2-5 and 4-7, respectively. In a rapid visco analyzer (RVA) examination, pasting temperature of brown rice and germinated brown rice was 67.93-68.05°C. In addition, the pasting characteristics of brown rice were significantly higher than those of germinated brown rice. A texture analysis test showed that germinated brown rice *Haiami* had the lowest hardness and germinated brown rice *Samkwang* had the highest adhesiveness.

**Keywords:** brown rice, germinated brown rice, physicochemical, amylose, RVA

## 서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 우리나라를 포함하여 아시아 문화권 사람들의 주식으로서 오래전부터 재배되어온 주요한 식량작물이다. 최근까지 쌀은 품종개량과 재배기술 향상으로 인하여 2011년 우리나라 총 재배면적은 854천ha, 생산량은 4,224천톤에 이르렀지만 최근 맛벌이 부부의 증가, 핵가족화, 단독세대 증가 및 노령화 사회로 인하여 간편한 서구 편의식(빵, 햄버거, 피자 등)의 선호가 증가하고 있으며 쌀의 소비량은 1979년 1인당 135.6 kg 소모되어지던 양이 점점 감소하여 2010년에는 1인당 72.8 kg으로 매년 감소하였다(1). 또한 쌀 재고량은 재배면적의 감소에도 불구하고 생산량 증대와 MMA(Minimum Market Access) 수입량 등으로 계속 증가하고 있는 추세이다. 국내에서 쌀을 소비하는 형태로는 주식으로서의 밥 소비가 75%정도이며, 나머지가 떡류, 죽류, 주류 등의 전통식품과 과자, 라면, 국수, 케이크 등 다양한 가공 식품의 형태로 소비되어지고 있다. 최근 사회전반에 걸쳐 일어나고 있는 웰빙 붐을 타고 주식인 쌀에도 백미보다 영양성과 기능성이 강화된 형태인 현미 및 발아현미 섭취가 증가하고 있는 추세이다(2).

현미는 왕겨층만 한번 벗겨낸 쌀로서 배(embryo), 배유(albumen) 및 쌀겨(호분)층으로 이루어진 벼 열매로서 백미에 비하여 영양

분의 손실이 적으며 지방, 단백질, 비타민, 식이섬유 및 각종 무기질 등이 풍부하여 영양성과 기능성이 뛰어나 인체의 성장과 유지에 도움을 준다는 사실은 각종 언론매체나 자료들을 통하여 널리 알려진 사실이다(3). 하지만 현미의 뛰어난 영양성과 기능성에도 불구하고 단단한 껍질과 피틴산 등으로 인한 소화 흡수성 저하 및 끼칠은 식미로 인하여 백미를 주식으로 하는 사람들이 많다. 그러나 최근에는 이러한 현미의 단점을 극복하기 위해서 현미에 적정한 수분·온도·산소를 공급함으로써 0.5-2 mm 정도 짙은 퉁퉁한 발아현미가 각광을 받고 있으며, 발아되는 과정에서 조직이 부드러워져 질감 개선 및 식미 향상은 물론 식이섬유, ferulic acid, tocotrienols, 마그네슘, 아연,  $\gamma$ -oryzanol,  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA) 및  $\beta$ -sitosterol 등 각종 영양·기능성 성분 및 효소들의 활성화로 인하여 건강 기능성 물질이 활성화되고 증가되는 것으로 알려져 있다(4-6). 현미와 발아현미에 대한 연구는 발아조건, 건조방법(2,3), 항산화 활성 및 항산화 성분(6,7), tocopherol, tocotrienol류, squalene, phytosterol류, GABA 등 기능성 물질의 함량(8,9) 및 가공원료로서의 이용(10,11) 등 다양한 분야에서 보고되어지고 있다. 국내에서는 1970년대 후반 쌀의 자급달성을 이루기 위한 통일형 다수성 품종 개발보급에 노력을 하였지만 현재에는 건강지향 및 최고품질 쌀을 선호하게 되면서 용도별 고품질 품종육성 방향으로 변화되고 있는 추세에 따라 국내 양질미 품종인 일품뿐만 아니라 고이미, 백진주 등과 같은 전분특성이 다양한 기능성 쌀과 특유의 색과 향을 갖는 흑미, 적미 및 향미 등 다양한 특수미가 개발되고 있는 실정이다(12). 따라서 본 연구에서는 밥쌀용으로 개발된 최고품질 쌀인 삼광(*Samkwang*), 하이아미(*Haiami*) 및 미광(*Migwang*)과 초다수성이면서 가공용 품종인 보람찬(*Boramchan*)의 현미와 발아현미의 이화학적 특성 및 품질 특성을 비교함으로써 쌀의 이용성 증진을 위한 기초 자료를 제공하고자 시행하였다.

\*Corresponding author: Sea-Kwan Oh, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi 441-857, Korea  
Tel: 82-31-290-6722  
Fax: 82-31-290-6730  
E-mail: ohskwan@korea.kr  
Received March 9, 2012; revised April 3, 2012;  
accepted April 3, 2012

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에 사용된 재료는 2010년에 농촌진흥청 국립식량과학원에서 재배, 수확된 삼광(*Oryza sativa* cv. *Samkwang*), 하이아미(*Oryza sativa* cv. *Haiami*), 미광(*Oryza sativa* cv. *Migwang*) 및 보람찬(*Oryza sativa* cv. *Boramchan*)을 사용하였으며 정조는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시험재료로 사용하였다. 제현한 현미중 일부는 발아현미 가공전문업체인 (주)미실란(Gokseong, Korea)에서 30°C, 24시간동안 발아시킨 후 자체 개발한 특수 저온 건조방식의 건조과정을 거쳐 각 품종의 발아현미를 제조하였고 이들을 분쇄하여 분석에 이용하였다.

### 발아율 측정

현미는 물로 수세하고 페트리디쉬에 약 2 cm의 두께로 균등하게 깔아 넣었다. 용기내부의 현미가 잠길 정도로 30°C 정도의 미지근한 물을 첨가하였고 30°C의 항온기에서 12-18시간정도 보온하면서 0.5-2.0 mm 정도의 짝이 나올때까지 발아시켰다. 그 후 발아된 현미는 흐르는 물로 깨끗하게 세척하고 현미의 발아율을 측정하였다. 재발아율은 발아현미를 현미의 발아율 방법과 동일하게 시행하였다.

### 일반성분 분석

단백질 함량은 Micro Kjeldahl 질소정량법을 사용하였다. 즉, 시료 0.5 g를 정확히 칭량 후 Kjeldahl 분해병에 넣고 진한 황산 20 mL, 분해촉매제(3.5 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 3.5 mg Se, 1000 Kjeltabs S/3.5, Foss Analytical AB, P.O., Sweden) 1 g을 넣은 후 Foss digester 2020와 자동분석장치(Foss Kjeltec 2400, Foss Tecator, Huddinge, Sweden)를 이용하여 정량하였다. 아밀로스 함량은 Juliano(13)의 요오드 비색정량법에 따라 3반복으로 측정하였다. 즉, 0.1 g의 분쇄가루에 1 mL 에탄올과 9 mL 1 N NaOH를 가한 후 진탕항온수조에서 10분간 호화시킨 후 증류수로 100 mL을 채웠다. 그 중 5 mL에 1 mL acetic acid, 2 mL 2% I<sub>2</sub>-KI(Iodine solution)를 가한 후 증류수를 이용하여 100 mL로 맞추는 다음 20분 후 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. 알칼리 붕괴도(Alkali Digestion Value; ADV)는 백미를 사용하는 농촌진흥청 조사기준(14)을 약간 변형하여 사용하였다. 즉, 불순물이 없는 시료에 1.3% KOH 10 mL를 넣은 후 30°C 항온기에 48시간 동안 정치한 후 알칼리 붕괴도(피침도+맑음도)를 조사하였다.

### 아밀로펙틴 분석

시료의 아밀로펙틴 사슬 분포를 측정하기 위해 HPAEC-PAD (High Performance Anion-exchange Chromatography with the pulse amperometric detection)를 사용하여 Suzuki 등(15)의 방법에 의해 분석하였으며 조제된 시료는 이온크로마토그래피(DX-500, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석에 사용된 컬럼은 Cabopac PA-1(250×4 mm I.D.)이었으며 용매는 150 mM NaOH과 500 mM CH<sub>3</sub>COONa를 포함한 150 mM NaOH을

사용하였다. 시간에 따른 용매의 농도는 Table 1에 나타내었으며 시료 주입량은 25 µL이다.

### 호화특성

아밀로그래프 특성은 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 즉, 시료를 60 mesh 이상으로 분쇄한 후 3 g을 측정하여 분석전용 용기에 투입하고 25 mL의 증류수에 분산시켜 50°C에서 1분간 유지시킨 후 50°C에서 95°C까지 4.7분 동안에 상승시키고 95°C에서 2.5분간 유지시켰다. 그 후, 다시 3.7분 동안에 50°C로 냉각시키면서 점도 특성을 조사하였다. 총 실험 시간은 약 13분 정도로서 실험 후 초기 호화 온도(Pasting Temperature), 최고점도(Peak Viscosity), 최저점도(Trough), 최종점도(Final Viscosity), 강하점도(Breakdown) 및 치반점도(Setback)를 계산하여 특성을 비교하였다.

### 식감측정

식감측정은 사람이 밥을 먹을 때 관능적으로 느끼는 저작감을 기계적으로 간편하게 묘사할 수 있는 방법으로서 사용 장비는 일본에서 개발된 텐시프레서(My Boy System, Taketomo Electric Inc., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 품종간 식감측정을 위한 취반은 현미 혹은 발아현미 약 30 g을 스테인레스 컵(높이 8 cm, 직경 4 cm)에 넣고 가볍게 저으면서 물로 2회 수세한 후, 0.5% 소금물을 약 1.2배정도 첨가하여 하루밤동안 침지시켰다. 이후 자체 제작한 다점취반기(multisample rice cooker)에 넣고 강한 불과 중간 불로 30분 정도 약한불로 10분 정도 열을 가하였다. 다음에는 용기내 물을 제거한 후 약한 불로 10분 정도 뜸을 들인 다음 상온이 될때까지 방치한 시료를 식감측정의 시료로 사용하였다. 취반한 밥을 10 g씩 무작위로 평평하여 시료컵에 압축성형하고 2분간 정치시킨 다음 puncture 프로브(접촉 면적 25 mm<sup>2</sup>)가 설치된 텐시프레서에 장착하여 20 kgw의 하중으로 First Bite 25%, Second Bite 90%의 압력으로 5반복으로 측정하였다. 조사항목은 밥의 경도(hardness), 끈기(toughness), 찰기(stickiness) 및 부착성(adhesiveness)을 측정하였다.

### 통계분석

현미의 발아 전·후의 품질 특성 등 각 항목의 측정값은 SPSS 통계 package program(Statistical Package Social Science, Version. 12.0)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시험군간의 유의성은 Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)으로  $p < 0.05$  수준에서 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 현미와 발아현미의 품질특성

품종별 원료곡의 발아 전·후 발아율, 단백질, 아밀로스 및 알칼리 붕괴도(ADV) 측정결과는 Table 2에 나타내었다. 일반적으로 벼의 발아력은 품종 고유특성, 수확 후 저장조건, 각종 환경요인, 현미 도정시 배(embryo)의 물리적 손상여부 및 현미의

Table 1. Gradient elution program for analysis of chain-length distribution (%)

Time (min)	0	6	17	34	53	113	213	223
150 mM NaOH	70	60	50	40	35	30	10	0
150 mM NaOH-500 mM NaOAc	30	40	50	60	65	70	90	100

**Table 2. Physicochemical properties of brown rice and germinated brown rice**

Varieties		Physicochemical properties (%)			
		Germination percentage	Protein	Amylose	ADV <sup>3)</sup> (1-7)
<i>Migwang</i>	BR <sup>1)</sup>	100.00±0.00 <sup>4)c</sup>	9.85±0.03 <sup>f</sup>	17.09±0.25 <sup>a</sup>	4.22±0.84 <sup>b</sup>
	GBR <sup>2)</sup>	100.00±0.00 <sup>c</sup>	7.61±0.21 <sup>c</sup>	18.48±0.29 <sup>b</sup>	5.50±2.12 <sup>bcd</sup>
<i>Boramchan</i>	BR	99.00±0.00 <sup>bc</sup>	8.76±0.06 <sup>de</sup>	17.13±0.12 <sup>a</sup>	4.56±0.51 <sup>bc</sup>
	GBR	99.50±0.71 <sup>c</sup>	6.44±0.10 <sup>b</sup>	18.85±0.58 <sup>b</sup>	4.67±0.47 <sup>bc</sup>
<i>Samkwang</i>	BR	95.50±0.71 <sup>a</sup>	8.89±0.05 <sup>e</sup>	16.67±0.18 <sup>a</sup>	2.22±0.38 <sup>a</sup>
	GBR	100.00±0.00 <sup>c</sup>	6.22±0.08 <sup>a</sup>	18.83±0.49 <sup>b</sup>	6.17±0.24 <sup>cd</sup>
<i>Haiami</i>	BR	97.50±2.12 <sup>b</sup>	8.66±0.12 <sup>d</sup>	17.14±0.25 <sup>a</sup>	4.00±1.00 <sup>b</sup>
	GBR	100.00±0.00 <sup>c</sup>	6.62±0.06 <sup>b</sup>	18.47±0.88 <sup>b</sup>	7.00±0.00 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>BR: Brown Rice <sup>2)</sup>GBR: Germinated brown rice <sup>3)</sup>ADV: Alkali Digestion Value <sup>4)</sup>Different letters in the same row indicate significant difference (by ANOVA and Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

**Table 3. Pasting characteristics of brown rice and germinated brown rice**

Varieties <sup>6,7)</sup>		Pasting temp (°C)	Peak viscosity (RVU <sup>3)</sup> )	Trough viscosity (RVU)	Breakdown <sup>4)</sup> (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback <sup>5)</sup> (RVU)
<i>Migwang</i>	BR <sup>1)</sup>	68.05±0.05 <sup>a</sup>	161.91±3.50 <sup>c</sup>	90.86±10.93 <sup>c</sup>	71.05±9.19 <sup>d</sup>	176.25±11.48 <sup>c</sup>	14.34±9.50 <sup>f</sup>
	GBR <sup>2)</sup>	68.00±0.05 <sup>a</sup>	8.86±0.95 <sup>a</sup>	3.58±0.96 <sup>a</sup>	5.28±0.05 <sup>a</sup>	8.31±0.32 <sup>a</sup>	-0.56±0.64 <sup>cd</sup>
<i>Boramchan</i>	BR	68.03±0.03 <sup>a</sup>	160.61±1.62 <sup>c</sup>	88.44±1.92 <sup>c</sup>	72.17±1.42 <sup>d</sup>	170.44±4.65 <sup>de</sup>	9.83±3.91 <sup>ef</sup>
	GBR	68.00±0.09 <sup>a</sup>	16.58±1.97 <sup>b</sup>	2.11±0.81 <sup>a</sup>	14.47±1.26 <sup>b</sup>	9.39±1.13 <sup>a</sup>	-7.19±1.01 <sup>bc</sup>
<i>Samkwang</i>	BR	67.95±0.00 <sup>a</sup>	167.92±1.86 <sup>c</sup>	85.70±1.71 <sup>bc</sup>	82.22±2.17 <sup>c</sup>	164.19±2.88 <sup>cd</sup>	-3.72±2.25 <sup>cd</sup>
	GBR	67.98±0.06 <sup>a</sup>	47.41±1.04 <sup>c</sup>	8.94±0.34 <sup>a</sup>	38.47±0.69 <sup>c</sup>	32.78±1.81 <sup>b</sup>	-14.64±0.97 <sup>ab</sup>
<i>Haiami</i>	BR	67.98±0.08 <sup>a</sup>	154.89±1.65 <sup>d</sup>	78.89±8.58 <sup>b</sup>	76.00±8.48 <sup>de</sup>	158.42±9.85 <sup>c</sup>	3.53±9.52 <sup>de</sup>
	GBR	67.93±0.08 <sup>a</sup>	47.92±3.12 <sup>c</sup>	7.06±1.05 <sup>a</sup>	40.86±2.22 <sup>c</sup>	29.31±1.91 <sup>b</sup>	-18.61±2.20 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>BR: Brown Rice <sup>2)</sup>GBR: Germinated brown rice <sup>3)</sup>RVU: Rapid Visco Units <sup>4)</sup>Peak viscosity minus trough viscosity. <sup>5)</sup>Final viscosity minus peak viscosity. <sup>6)</sup>Each value is mean±standard deviation. <sup>7)</sup>Different letters in the same row indicate significant difference (by ANOVA and Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

외부 노출에 의해 산화되기 쉬울뿐만 아니라 관련 효소들에 의한 가수분해로 발아력이 상실될 수 있다(4). 또한 발아력이 상실된 현미종자들은 정상적인 발아가 이루어진 현미종자들에 포함되어 있기 때문에 현미의 발아율은 발아현미의 품질에 중요한 역할을 하게 된다(4). 따라서 본 연구에 사용된 품종별 현미의 발아율 및 재발아율은 95.0% 이상으로서 발아현미 제품 가공시 적합할 것으로 사료된다. 일반성분 중 단백질(protein) 함량은 쌀의 밥맛을 관장하는 중요한 역할을 하는 인자(13)로서 품종간 차이, 질소 시비량, 토양, 물 관리 등 환경적 요인들에 의하여 영향을 받게되며 과도한 단백질 함량은 쌀의 색택 및 흡수성 저하, 전분의 호화, 팽화 억제 등 취반·가공 이용 관점 및 취반시 질감이 딱딱해지고 호화점도에 영향을 미치게 되므로 식미평가에서 낮은 점수를 받게하는 요인(16)으로 알려져있다. 그중 현미의 단백질 함량은 6.22-9.85% 범위로써 발아현미 삼광이 가장 낮았으며 현미 미광에서 가장 높은 단백질 함량을 나타내었다. 이전의 연구결과(17)에서 현미의 저장기간에 따라서 8.1%에서 7.2%로 감소하는 연구를 나타낸 보고도 있었다. 아밀로스(amylose) 함량은 취반시 호화점도 및 밥의 경도에 많은 영향을 주어 푸석푸석해지고 밥맛이 저하되는 인자로서 식미·취반특성을 결정하는 가장 중요한 요소이며 재배지역, 등숙온도, 일장 및 출수기 등에 의해 영향을 받는다(18,19). 일반적인 농촌진흥청 조사기준(14)에 의하면 백미의 아밀로스 함량은 17-23% 수준으로 보고되어 있는데, 현미의 경우 품종에 따른 호분층의 비율만큼 아밀로스 함량 또한 감소한다. 본 연구에서 조사되어진 현미와 발아현미의 아밀로스 함량은 각각 16.67-17.14%와 18.47-18.85% 수준이었으며 품종별 현미에 비하여 발아현미에서 유의적으로 높은 값을 나타내

었다. 이는 이전의 연구결과(17)에서는 벼의 저장기간에 따라 Japonica, Tongil 및 Hybrid와 같은 생태형(ecotype)간의 현미 아밀로스 함량이 각각 18.8-19.7%, 18.9-20.3% 및 23.9-25.5%의 보고와 비교하면 약간 낮은 수준이었다. 쌀의 호화온도를 간접적으로 측정할 수 있는 알칼리 붕괴도(ADV)에서는 현미 삼광이 2.22로서 농촌진흥청 조사기준(14)의 모양변화가 없이 약간 부풀은 형태이었으며 발아현미 하이아미는 7.00으로서 완전히 퍼져서 투명화된 상태로 품종에 따라 발아 전과 후에 다양하게 나타났다.

#### RVA에 의한 호화특성

품종별 현미 발아 전·후의 호화특성을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 본 연구에서는 현미와 발아현미 가루의 가열시 전분입자의 호화 온도는 67.93-68.05°C로서 유의적 차이가 없었으며 이는 원료에 따른 결정구조가 비슷하고 분자간 입자 결합점도에서 큰 차이를 나타내지 않아서 호화온도의 차이를 나타내지 않는 것으로 사료된다. 이는 이전의 Kim 등(20)은 19품종의 백미에서 71.0-86.6°C와 수입쌀은 75.1°C로 보고한 것과 비교하면 본 연구의 현미에서의 호화온도가 낮았지만 Park 등(21)은 백미에서 65.4°C로의 보고와 Kim 등(22)은 현미 쌀가루의 도정도에 따른 호화개시온도가 도정도가 증가할수록 호화가 빨리 시작된다고하여 호화개시온도는 백미보다 높다고 보고하였다. 본 연구의 조사항목인 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(breakdown), 최종점도(final viscosity) 및 치반점도(setback)에서 현미가 발아현미에 비하여 높은 수치를 나타내었다. 최고점도(peak viscosity)에서는 현미 삼광이 167.92 RVU로서 유의적으로 가장 높았지만 발아현미 미광에서는 8.86 RVU로서 유의적으로 가장

**Table 4. Amylopectin chain length distributions of brown rice and germinated brown rice**

Varieties		DP <sup>3)</sup> 6-12 (%)	DP 13-24 (%)	DP 25-36 (%)	DP 37-60 (%)
<i>Migwang</i>	BR <sup>1)</sup>	33.11±0.11 <sup>4,5)a</sup>	52.31±0.10 <sup>c</sup>	10.81±0.16 <sup>d</sup>	3.76±0.05 <sup>d</sup>
	GBR <sup>2)</sup>	33.35±0.14 <sup>b</sup>	52.41±0.02 <sup>c</sup>	10.67±0.05 <sup>c</sup>	3.55±0.09 <sup>c</sup>
<i>Boramchan</i>	BR	33.07±0.12 <sup>a</sup>	52.82±0.05 <sup>c</sup>	10.52±0.09 <sup>b</sup>	3.58±0.09 <sup>c</sup>
	GBR	33.81±0.04 <sup>c</sup>	52.32±0.08 <sup>c</sup>	10.35±0.02 <sup>a</sup>	3.53±0.05 <sup>c</sup>
<i>Samkwang</i>	BR	33.46±0.05 <sup>b</sup>	52.38±0.09 <sup>c</sup>	10.59±0.11 <sup>bc</sup>	3.59±0.04 <sup>c</sup>
	GBR	33.65±0.08 <sup>c</sup>	52.58±0.05 <sup>d</sup>	10.37±0.03 <sup>a</sup>	3.43±0.04 <sup>b</sup>
<i>Haiami</i>	BR	33.32±0.09 <sup>b</sup>	51.45±0.09 <sup>a</sup>	11.31±0.06 <sup>c</sup>	3.93±0.04 <sup>c</sup>
	GBR	34.44±0.05 <sup>d</sup>	52.01±0.04 <sup>b</sup>	10.35±0.04 <sup>a</sup>	3.21±0.03 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>BR: Brown Rice <sup>2)</sup>GBR: Germinated brown rice <sup>3)</sup>DP: Degree of Polymerization <sup>4)</sup>Each value is mean±standard deviation. <sup>5)</sup>Different letters in the same row indicate significant difference (by ANOVA and Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

낮은 수치를 나타내었다. 최종점도(final viscosity)는 가열이 중지되고 냉각하는 단계에서 일어나는 과정으로서 아밀로스와 같은 전분 분자들이 다시 재결합하여 점도가 증가(23)하는 단계로서 발아현미 미광이 8.31 RVU로서 가장 낮은 수치를 보였고 현미 미광이 176.25 RVU로서 가장 높은 수치를 나타내었다. 최고점도와 최저점도의 차이, 호화 중 전분의 열과 전단(shear)에 대한 저항성 및 아밀로스 함량과 음의 상관관계를 갖으면서 가공의 안정도를 나타내는 강하점도(breakdown)는 현미에서는 삼광이 82.22 RVU로서 유의적으로 높았으나 발아현미 미광에서는 5.28 RVU로서 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 그중 미광은 현미와 발아현미에서 강하점도가 각각 가장 낮은 값을 나타내어 가공 안정도가 높을 것으로 사료된다. Park 등(24)은 산지별 품종이 다른 유통 쌀(백미)의 호화특성을 비교한 결과 강원 오대가 43.64 RVU로서 가장 낮게 나타내어 가공 안정도가 높을 것으로 보고하여 본 연구의 발아현미가 백미에 비하여 더 가공 안정도가 높을 것으로 사료된다. 치반점도(setback)는 최종점도와 최고점도의 차이를 나타내는 것으로서 전분의 노화와 관련이 있으며 값이 높을수록 노화 진행 속도가 빠르다는 것을 나타낸다. 본 연구에서는 현미 미광이 14.34 RVU으로 가장 높게 측정되어 조사되어진 품종들중 노화 진행 속도가 빠를 것으로 사료된다. 일반적으로 호화 특성 측정 결과 최고점도 및 강하점도가 높고 치반점도가 낮으면 식미가 양호하게 되는데 본 연구에서는 현미와 발아현미 삼광 및 발아현미 하이아미가 다른 품종들에 비하여 식미가 양호할 것으로 사료된다. Kwon 등(25)에 의하면 우리나라에서 재배되고 있는 밥쌀용 품종중에서 식미가 양호한 품종들은 호화온도가 낮고 최고점도와 최종점도가 높은 것으로 보고한바 있으며 Oh 등(26)은 주안의 백미에서 -23.7 RVU로서 호화가 잘 되고 취반미의 노화가 지연되는 특성을 보유하는 것으로 확인되어 식은밥 품질이 좋은 것으로 널리 알려진 고시히까리와 매우 유사한 호화특성을 나타내어 식은밥 및 가공밥으로 유망할 것이라고 보고하였다. 또한 본 연구에서는 발아현미 삼광과 발아현미 하이아미가 각각 -14.64 RVU와 -18.61 RVU로서 주안벼 품종과 같이 식은밥 및 가공밥용으로도 가능성이 있을 것으로 사료된다. 이와같이 발아현미에서 RVA 값이 급격하게 낮아지는 원인은 현미가 발아되는 과정에서 전분의 구조적 변화가 나타나 호화되기 쉬운 구조를 갖게 되는 것으로 사료된다. 호화양상은 전분 입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 전단력에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로스와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조차이 등에 의해 결정된다(27).

**아밀로펙틴 중합도**

일반적으로 아밀로펙틴 중합도의 비율중에서 단쇄비율이 높고 장쇄비율이 낮은 품종이 밥맛이 우수한 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 벼 품종별 호화특성 차이의 원인을 찾기 위해 아밀로펙틴 중합도를 조사한 결과 Table 4와 같이 나타내었다. 중합도(Degree of polymerization, DP) 6-12에 해당하는 단쇄의 경우 발아현미 하이아미가 유의하게 그 비율이 높았으며 현미 미광과 현미 보람찬은 그 비율이 낮게 나타내었다. 반면, 중합도 13-24에 해당하는 중쇄 비율은 현미 하이아미가 51.45%로서 유의적으로 가장 낮았으며 현미 보람찬이 52.82%로서 유의적으로 높게 나타내었다. 중합도 25-36의 긴 아밀로펙틴 사슬은 현미 하이아미에서 11.31%로서 유의적으로 가장 높게 나타내었으며 발아현미 보람찬, 발아현미 삼광 및 발아현미 하이아미에서 각각 10.35, 10.37 및 10.35%로서 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 중합도 37이상의 초장쇄 비율은 발아현미 하이아미에서 3.21%로서 유의적으로 가장 낮은 값과 현미 하이아미에서 3.93%로서 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과들로부터 전분 구조와 호화점도 관계에서 각각의 단쇄와 중쇄의 비율에 따라 점도의 차이가 나타나는 것으로 사료된다. 또한 현미는 발아되는 과정에서 호화점도가 향상되어 상대적으로 짧은 사슬의 비율이 높아지는 것을 통하여 현미보다 발아현미가 식감과 맛이 향상되는 것으로 보인다.

**식감측정**

벼 품종별 현미와 발아현미 밥의 식감을 측정된 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 미광의 현미밥과 발아현미밥에서는 경도와 찰기는 비슷한 수준이었지만 끈기는 현미밥에서 부착성은 발아현미밥에서 각각 높았다. 보람찬의 경우에는 현미밥과 발아현미밥의 경도, 찰기 및 부착성 수치가 비슷하였지만 끈기에서는 79.99(현미밥)와 63.08(발아현미밥)로 현미밥이 더 끈기가 높았다. 삼광의 경우 경도와 끈기에서는 현미밥이 발아현미밥에 비하여 약간 높은 수치를 나타내었으나 찰기와 부착성에서는 발아현미밥에서 각각 51.45와 74.28로서 현미밥의 49.89와 38.43에 비하여 높은 값을 나타내었다. 하이아미 경우에는 현미밥의 경도와 끈기가 각각 94.92와 40.66으로서 발아현미밥의 54.14와 34.17에 비하여 높은 값을 나타낸 반면 찰기와 부착성에서는 현미밥보다 발아현미밥에서 값이 높았다. 따라서 이와 같은 결과로부터 현미가 발아되는 과정에서 조직이 물러지는 원인으로 밥의 물성이 전반적으로 부드러워지는 현상으로 나타났으며, 특히 삼광과 하이아미의 경

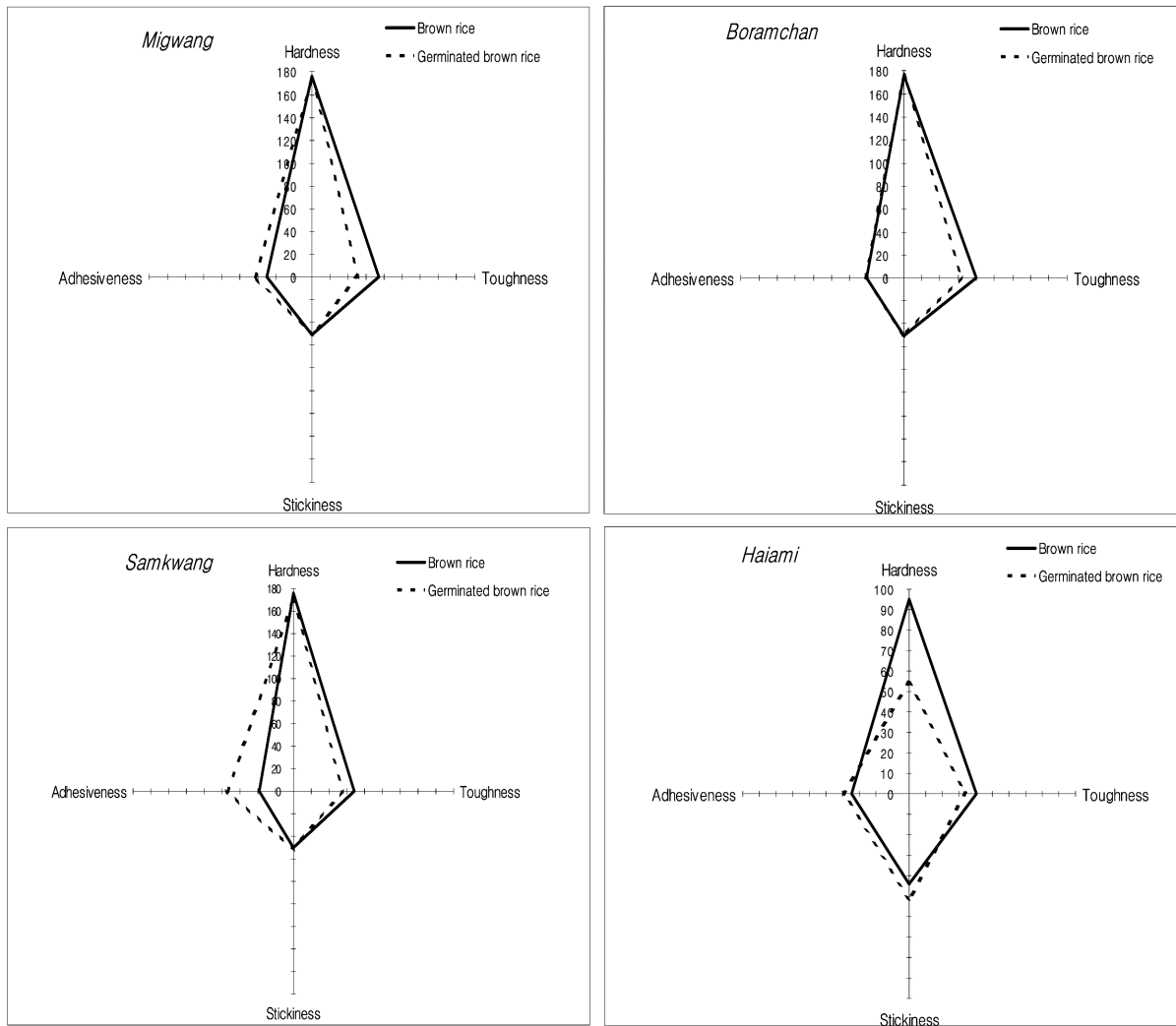


Fig. 1. Palatability description of cooked brown rice and cooked germinated brown rice.

우에서 식감이 향상되었다.

요 약

본 연구는 국내 주요 벼 품종들중 일부 품종들에 대하여 현미와 발아현미에 대한 품질 특성에 대해 비교·분석하였다. 발아율은 95.0% 이상이었으며 단백질 함량은 현미 미광이 9.85%로서 가장 높았다. 아밀로스 함량 분석결과 현미보다 발아현미에서 높았으며 알칼리 붕괴도(ADV)는 품종 및 발아에 따라 다양하게 나타났다. 아밀로펙틴은 단쇄비율이 높을수록 밥맛이 좋은 것으로 알려져 있는데 삼광벼가 현미와 발아현미에서 각각 다른 품종들에 비하여 유의적으로 높음을 알 수 있었다. RVA 측정결과, 호화온도는 거의 비슷한 온도(67.93-68.05°C)였으며 최고점도는 현미 삼광이 167.92 RVU로 가장 높은 수치를 보였다. 강하점도의 경우 발아현미 미광이 5.28 RVU로 가장 낮게 측정되어 가공시 안정도가 높을 것으로 사료되며 치반점도는 현미 미광이 14.34 RVU로서 조사되어진 품종들중 가장 높은 것으로 나타났다. 식감 측정결과 경도(hardness)는 발아현미 하이아미밥이 54.14로서 가장 낮은 값을 나타내었고 끈기(toughness)는 발아현미밥보다 현미밥에서 높았다. 찰기(stickiness)에서는 발아현미 삼광밥에서 51.45로서 가장 높은 값을 나타내었으며 부착성(adhesiveness)은 발아

현미밥이 현미밥에 비하여 높은 값을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 주요 벼 품종들의 현미에 대하여 발아 전과 후의 품질 특성을 종합적으로 비교·분석한 결과, 식미가 우수한 최고품질 벼 품종인 삼광과 하이아미의 현미에서 발아 후 식감이 부드러워지고 찰기가 증대되어 밥맛이 향상되어 이는 발아현미 가공용으로 유망할 것으로 사료된다. 그리고 이와 같은 발아현미용 적합품종은 앞으로 국내 현미산업 활성화에 기여할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 농촌진흥청 국립식량과학원 박사후연수와 정지원사업에 의해 수행되었습니다.

문 헌

1. Kim WS. Effect of aging on physicochemical and pasting properties of nonwaxy rice flour and its starch. Korean Associ. Human Ecol. 14: 1037-1046 (2005)
2. Woo KS, Jeong EG, Suh SJ, Yang CI, Jeong HS, Kim KJ. Antioxidant components and anti-oxidant activities of 70% ethanol extracts on *Suweon-511* and *Ilpum* rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1223-1230 (2008)
3. Mo KH, Choi, YM, Choi SG, Lee JS. The change of some com-

- pounds in brown rice germinated by filtrate of loess suspension. *J. Agric. Life Sci.* 40: 41-48 (2006)
4. Kim SL, Son YK, Son JR, Hur HS. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J. Crop Sci.* 46: 221-228 (2001)
  5. Kim SS, Kim YK, Lee WJ. Microwave vacuum drying of germinated brown rice as a potential raw material for enzyme food. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1107-1113 (1998)
  6. Oh YS. Study on nutritional properties of sprouting brown rice. MS thesis, Kongju National University, Gongju, Korea (2002)
  7. Seo SJ, Choi YM, Lee SM, Kong SH, Lee JS. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 129-135 (2008)
  8. Choi HD, Park YK, Kim YS, Chung CH, Park YD. Effect of pretreatment conditions on *r*-amino butyric acid content of brown rice and germinated brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 761-764 (2004)
  9. Jung HY, Lee DH, Baek HY, Lee YS. Pre- and post germination changes in pharmaceutical compounds of germinated brown rice. *Korean J. Crop Sci.* 53: 37-43 (2008)
  10. Kang MY, Lee YR, Nam SH. Characterization of the germinated rices to examine an application potentials as functional rice processed foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 696-701 (2003)
  11. Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD, Park HJ. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J. Food Preserv.* 11: 182-188 (2004)
  12. Choi ID. Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1313-1319 (2010)
  13. Juliano BO. Physicochemical Properties of Rice. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p.539 (1985)
  14. Lee MH. Rice Quality and Eating Quality Evaluation. Rural Development Administration, Suwon, Korea, pp.75-102 (2002)
  15. Suzuki K, Nakamura S, Satoh H, Ohtsubo K. Relation between chain-length distributions of waxy rice amylopectins and physical properties of rice grains. *J. Appl. Glyco. Sci.* 53: 227-232 (2006)
  16. Son JR, Kim JH, Lee JI, Youn YH, Kim JK, Hwang HG, Moon HP. Trend and further research of rice quality evaluation. *Korean J. Crop Sci.* 47: 33-54 (2002)
  17. Kim HY, Yang CI, Choi YH, Won YJ, Lee YT. Changes of seed viability and physicochemical properties of milled rice with different ecotypes and storage duration. *Korean J. Crop Sci.* 52: 375-379 (2007)
  18. Bao JS, Sun M, Corke H. Analysis of genetic behavior of some starch properties in india rice (*Oryzasativa* L.); Thermal properties, gel texture, swelling volume. *Theor. Appl. Genet.* 104: 408-413 (2002)
  19. Heu MH, Moon HP. Basic studies for the breeding of high protein rise IV. Effect of short-day and high-temperature treatment on the amylose and crude protein content of rice. *Korean J. Crop Sci.* 14: 129-133 (1974)
  20. Kim HR, Kwon YH, Kim JH, Ahn BH. Quality analysis of diverse rice species for rice products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 142-148 (2011)
  21. Park JD, Choi BK, Kum JS, Lee HY. Physicochemical properties of brown rice flours produced under different drying and milling conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 495-500 (2006)
  22. Kim SR, Ahn JY, Ha TY. Various properties and phenolic acid contents of rice and rice brans with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 930-936 (2004)
  23. Newport Scientific. Applications Manual for the Rapid Visco™ Analyser. Newport Scientific Pty., Ltd., Warriewood, Australia. pp. 13-15 (1998)
  24. Park CE, Kim YS, Park DJ, Park KJ, Kim BK. Pasting and sensory properties of commercial rice products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 401-406 (2011)
  25. Kwon YW, Lee EW, Lee BW. Climate, soil, and cultural technology of the areas producing high quality rice in Korea with emphasis on the difference between Ichon and other regions. RDA. *Korean J. Crop Sci.* 33: 291-303 (1990)
  26. Oh SK, Kim DJ, Cheun AR, Yoon MR, Hong HC, Choi IS, Oh YJ, Oh KB, Kim YK. Quality evaluation of 'Juanbyeo' as aseptic-packaged cooked rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 721-726 (2010)
  27. Beleia A, Varriano-Marston E, Hosney RC. Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.* 57: 300-303 (1980)