

## 친환경 무농약 재배와 관행 재배 쌀의 특성비교

이승현<sup>1</sup> · 김민영<sup>1</sup> · 김한용<sup>2</sup> · 고상훈<sup>3</sup> · 신말식<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 식품영양학과, 생활과학연구소

<sup>2</sup>전남대학교 식물생명공학부 응용식물학 전공

<sup>3</sup>세종대학교 식품공학과

## Comparison of Rice Properties Between Rice Grown Under Conventional Farming and One Grown Under Eco-Friendly Farming Using Hairy Vetch

Seung Hyun Lee<sup>1</sup>, Min Young Kim<sup>1</sup>, Han Yong Kim<sup>2</sup>, Sanghoon Ko<sup>3</sup>, and Malshick Shin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food and Nutrition, Human Ecology Research Institute and

<sup>2</sup>Plant Science Major, Division of Plant Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food Science and Biotechnology, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

### Abstract

The properties of non-waxy rice, Dongjin 1, cultivated with conventional farming (CF) and environmentally-harmonized farming (EHF) using hairy vetch were compared to determine rice water absorption, physicochemical and pasting properties, antioxidant activities of brown and white rice, and a sensory evaluation of cooked white rice was carried out. EHF was treated with green manure crops such as hairy vetch and chitinase, which produce microorganism culture solution. CF was applied with seed disinfection treatments, fertilizer herbicides, and agricultural chemicals for the control of pests and diseases. The absorption level of EHF rice was higher than that of CF rice grain, regardless of the cultivation methods used. The ash and crude lipid contents were higher, but protein and dietary fiber contents were lower in the CF rice than in the EHF rice. The total starch content, water binding capacity, and swelling power of white rice were higher than those of brown rice, regardless of the cultivation methods used. The DPPH's antioxidant activity was shown as follows: EHF brown rice, EHF white rice and CF rice, in a decreasing order. The initial pasting temperature of EHF rice was lower than that of CF rice, but the peak, cold, and breakdown viscosities exhibited reverse trends. The sensory evaluation showed that the cooked white rice cultivated with EHF was not significantly different from that cultivated with CF ( $p < 0.05$ ). The overall preference of cooked rice did not show significant differences between the two cultivation methods ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** environmentally harmonized farming, conventional farming, Dongjin 1, antioxidant activity, physicochemical and pasting properties

### 서 론

쌀은 옥수수, 밀과 함께 세계 3대 작물이며 주로 아시아권의 나라에서 주식으로 사용하고 있으며 최근 쌀이 알레르기 유발 물질이 적은 것이 알려지면서 쌀가루 가공식품 개발뿐만 아니라 밀을 주식으로 하는 나라에서 관심이 증가되고 있다(1-5). 쌀의 소비가 감소하면서(6) 고품질의 안전한 쌀을 소비하려는 경향이 강하게 나타나고 있다. 쌀이 주식인 우리나라에서는 1970년대 이전의 쌀 부족으로 어려움을 겪었던 시대를 거쳐 1976년 쌀 자급율을 달성하였고 생산량 증대와 소비량의 감소로 최근 재고미와 수입쌀에 의해 쌀 소비 촉진에 대해 관심이 증가되고 있다(7). 단위면적당 쌀 생산량은 매년 증가하고 있지만 주식용 쌀 소비는 감소하고

있어 재고미가 증가하게 되었고 이로 인해 1992년 다수확 통일벼 계통의 쌀이 사라지게 되었다. 1993년 말 UR라운드협상이 타결되고, WTO출범으로 1996년 최소시장접근(MMA)에 따른 의무수입량이 수입되기 시작하면서 쌀의 수요와 공급의 불균형은 더욱 심화되게 되었다.

소비자는 밥맛이 좋은 쌀에 형태까지 갖춘 완전미를 선호하게 되었고 여기에 화학비료나 제초제를 사용하지 않는 무농약, 유기농법 등의 친환경 재배에 관심을 갖게 되었다(8-10). 최근 고품질의 안전한 쌀에 대한 소비자의 요구와 이산화탄소 발생을 줄이고 자연환경을 보전하려는 세계적 관심이 증가되면서 친환경 쌀 생산을 위한 다양한 기술이 개발되고 있다. 친환경 재배 방법 중에는 제초목적으로 오리, 참깨, 왕우렁이를 사용하거나 쌀겨농법, 키틴제제, 게르마늄, 활성

\*Corresponding author. E-mail: msshin@jnu.ac.kr  
Phone: 82-62-530-1336, Fax: 82-62-530-1339

탄, 한방, 미생물을 이용한 방법 등이 있다. 땅을 살리려는 노력으로 생물학적 농약을 줄이고, 제초제 대신 천적을 이용하려는 노력 등도 진행되었고 녹비작물을 이용한 방법도 실시되고 있다(11-13).

2000년에는 CODEX 기준에 따라서 국내에서도 유기재배에 관행 축분을 사용하지 못하게 되어 녹비작물에 관심을 가지게 되었다. 친환경 쌀을 재배할 때 여러 가지 방법을 사용하지만 무 화학 비료재배로 헤어리베치를 사용하였을 때 수확량이 2~4%가 증가하였다. 자운영은 질소 질 비료의 50~75%를 절약하였지만 헤어리베치는 질소질 비료의 대용으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 콩과 식물인 헤어리베치는 토양개량과 배수를 잘해주고 인산함량이 많은 쌀겨를 뿌리고 파종량을 늘리면 잘 자랐고 내한성이 있어 겨울 동안 재배할 경우 단기 윤작효과도 있으며 병충해 발생도 줄어든다(14). 헤어리베치는 질소함량이 약 4%로 탄질율이 10(탄소 : 질소=10:1)이고 수분함량이 85~90%로 식물체가 연약하기 때문에 토양에 갈아 넣으면 쉽게 잘려지고 미생물이 분해하기도 좋다. 녹비의 탄질율이 낮을 때는 미생물 증식에 일부 질소가 쓰이긴 하지만, 녹비 분해 산물로 질소가 방출되거나 또는 짧은 시간에 녹비를 분해시킨 미생물이 사멸되면서 질소 성분이 다시 흙으로 공급되어 비료 절감효과가 생긴다. 녹비를 넣을 때 질소비료 감비량은 녹비작물의 탄질율과 녹비량에 의해 달라진다. 녹비작물을 이용하면 토양의 물리, 화학성 개선으로 토양 건전성이 회복되고, 토양의 유기물 함량이 증대하며 작물에 양분공급 및 지력 증진으로 작물 생산성 증가하며 토양피복으로 침식과 잡초 발생이 줄어드는 효과가 알려지고 있다(14).

이렇게 헤어리베치를 녹비작물로 사용하여 친환경 쌀을 재배하는 방법을 보급하기 위해서는 같은 조건으로 재배방법만을 달리하여 실험 생산한 쌀로 쌀의 품질을 비교하는 자료들이 많이 축적되어야 한다. 쌀은 1년에 걸쳐 재배해야 하며 관행재배와 친환경재배방법으로 동시에 재배해서 비교하기가 어렵기 때문에 친환경 쌀의 품질에 대한 자료를 거의 없다.

그래서 본 연구에서는 친환경 재배한 쌀의 품질을 관행 재배한 쌀과 비교하기 위해 전남에서 가장 많이 재배되는 쌀 품종인 동진1호를 전남대학교 시험포장에서 관행재배와 헤어리베치를 이용한 친환경재배로 생산하여 현미와 백미로 도정한 쌀의 품질을 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

전남대학교 시험포장에서 2006년 관행재배와 헤어리베치로 친환경 재배한 동진1호를 현미와 백미로 도정하여 시료로 사용하였다.

### 무 농약 및 관행처리 방법

**공동처리:** 광주광역시 전남대학교 시험포장에 벼짚을 10 cm로 절단하여 500 g/m<sup>2</sup>씩 투입하였고 동진1호를 2006년 5월 15일 파종하여 6월 5일 이앙하였으며 파종밀도와 이앙 밀도는 종자는 80 g/상자, 22.2포기/m<sup>2</sup>(30 cm×15 cm)이었다. 벼의 수확은 10월 2일 실시하였다.

**관행재배 처리:** 관행재배(conventional farming)는 동진 1호벼 종자를 스포탁 2000배액에 24시간 소독한 후, 세척하여 흐르는 물(15°C)과 30°C 온수에 각각 1일씩 침종하였고 N(질소)-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(인산)-K<sub>2</sub>O(칼리) 시비량은 각각 11-4.5-5.7 g/m<sup>2</sup>씩 시비하였다(6월 3일~7월 31일). 제초제(상품명: “론스타”) 처리는 이앙 2일전에 4.3 mL/m<sup>2</sup>(6월 3일) 처리하였고 벼멸구 및 이화명충 방제목적으로 “메리트” 수화제 2.7 g/m<sup>2</sup> 살포하였다(7월 2일). 멸구, 이화명충, 흑명나방, 줄기 굴파리, 줄무늬잎 마름병 및 도열병 등의 종합방제를 목적으로 “몬세린”(살균제)과 “렐단”(살충제)을 표준량 살포하였고(7월 12일), 흑명나방제 목적으로 “팔콘” 0.2 L/m<sup>2</sup>를 살포하였다(8월 12일).

**무농약 재배 처리:** 녹비용 헤어리베치(품종: 마에꼬)는 벼짚을 투입(2005년 10월 19일)하고 로터리 후 4.5 g/m<sup>2</sup>를 파종하였다. 종자소독은 57°C 온탕에 6분간 침지 소독(5월 12일)한 후, 15°C의 흐르는 물에 2일, 30°C 온수에 1일간 각각 침종하여 파종하였다. 헤어리베치(HV)를 로터리하여 토양에 지상부 건물 중으로 473 g/m<sup>2</sup>(HV의 질소농도가 2.33%이므로 결과적으로 11 g N/m<sup>2</sup> 투입량에 해당) 혼입하였다(6월 2일). 벼멸구와 이화명충 방제목적으로 키틴 미생물 배양원액은 0.33 L/m<sup>2</sup> 살포하였다(7월 5일). 흑명나방 방제목적으로는 키틴 미생물 배양원액(100 L)과 충킬러(250 mL)를 0.33 L/m<sup>2</sup> 혼합 살포하였다(8월 13일).

### 도정 및 쌀가루 제조

수확 후 동진1호벼는 풍건하여 수분함량이 16% 정도 되었을 때 제현기 및 정미기((주)쌍용기계, 인천, 한국)를 이용하여 제현한 후 현미중량을 기준으로 92%의 정백율을 갖도록 백미로 가공하여 시료로 사용하였다. 현미와 백미인 동진 1호 멥쌀은 가정용분쇄기로 건식 제분하여 100 mesh 체를 통과하여 쌀가루 시료로 사용하였다.

### 일반성분 분석

관행 현미와 백미, 친환경 현미와 백미의 일반성분은 제조된 쌀가루를 분석하였다. 수분함량은 적외선 수분함량 측정기(Precisa 300 HA, Dietikon, Switzerland)를 이용하여 측정하였고, 단백질(Method 46-11A), 회분(Method 08-01)과 지방질(Method 30-10) 함량은 AACC 방법(15)에 의해 측정하였다. 총 전분 함량은 AACC Method 76-13의 방법에 따라 측정하였으며 총 식이섬유 함량은 enzymatic-gravimetric 방법인 AOAC방법 991.53(16)으로 분석하였다.

### 수분흡수율 측정

쌀알 1.0 g을 5×6 cm 망사 주머니에 넣고 수온이 25±2°C로 조절된 항온수조에서 쌀이 충분히 잠길 정도로 첨가하여 5, 10, 20, 30분, 1, 2, 3, 4, 5, 12, 24시간 수침하였다. 일정시간 수침한 다음 쌀알을 넣은 주머니를 꺼내 쌀알의 표면수를 여과지로 제거하고 무게를 측정하여 수분흡수율을 비교하였다.

### 이화학적 특성 측정

쌀가루의 겔보기 아밀로오스 함량은 Williams 등(17)에 의한 방법으로 쌀가루 20 mg(건물당)으로 측정하였다. 이때 사용한 표준곡선은 동진 쌀 전분을 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 분리하여 일정 비율로 혼합하여 얻은 식은  $Y = 0.0077X + 0.0332 (R^2 = 0.996)$ 이었다(18). 물 결합능력은 Med-calf와 Gilles 방법(19)으로 8,000 rpm에서 30분간 원심분리하였고 팽윤력과 용해도는 Schoch 방법(20)으로 80°C에서 측정하였다. 쌀가루의 색도는 색도계(Chroma Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)로 Hunter의 L(lightness)값, ±a(redness/greenness)값 및 ±b(yellowness/blueness)값을 4회 반복 측정해서 그 평균값으로 나타냈다. 실험은 표준 백색판(L, a, b=96.54, 0.07, 1.90)을 사용하여 보정하였다.

### DPPH를 이용한 항산화 활성 측정

항산화 활성은 하이드라질(hydrazyl)에 불안정한 상태의 질소원자가 수소원자를 받아들이는 성질을 이용해 항산화 물질과 반응하여 자체의 정색성을 소실하는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 환원력을 이용하는 방법으로 측정하였다(21). 분광광도계를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{Electron donating ability (EDA, \%)} = (1 - A/B) \times 100$$

EDA: 전자공여능(%), A는 517 nm에서 시료의 흡광도, B는 517 nm에서 대조군의 흡광도이다.

### 신속점도 측정기에 의한 호화 특성 측정

쌀가루의 호화특성은 신속점도 측정기(RVA, Rapid Visco-Analyzer, Model 3D, Newport Scientific Pty, Ltd, Narrabeen, Australia)를 이용하여 AACC method 61-02로 측정하였다(15). 시료 3 g(수분함량 12% 기준)을 RVA용 canister에 담고 증류수 25 mL을 가하여 0~1분간 50°C, 1.0~4.45분 95°C까지 상승, 4.45~7.15분 95°C 유지, 7.15~11.06분 50°C까지 냉각, 11.06~12.30분 50°C 유지하면서 점도를 측정하였다. 신속 점도측정기의 측정치는 최고점도(peak viscosity, P), 최저점도(trough viscosity, T), 50°C에서의 냉각점도(cold viscosity, C)와 setback(C-T), breakdown(P-T) viscosity를 계산하였다.

### 쌀가루 입자의 형태 관찰

쌀가루 입자의 표면 형태는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JAM-540, Tokyo, Japan)을 사

용하여 관찰하였다. 아세톤으로 깨끗하게 닦은 stub에 이중 테이프를 잘라 붙이고 쌀가루를 부착한 다음 금/백금으로 도금하여 전도성을 갖게 하고 주사전자현미경을 사용하여 가속 전압 20 kV, Phototimes 85 sec 조건에서 2000배, 3500배의 배율로 관찰하였다.

### 밥의 관능 평가

관행 재배한 백미와 친환경 백미를 3회 수세한 다음 도자기 그릇에 쌀:물=1:1.4로 가수한 다음 30분간 두었다가 전기밥솥으로 밥을 지었다. 뜬 뜬 밥은 뚜껑을 열어 김을 빼고 실온으로 식힌 후 뚜껑이 있는 관능평가용 그릇에 담아 평가 목적을 설명하고 훈련된 식품영양학과 대학원생 8명으로 이루어진 평가원에 의해 평가하였다. 밥의 관능평가는 9점 채점법에 의해 실시하였고 각 평가 항목에 대한 차이 조사는 9점은 대단히 강하다, 1점은 대단히 약하다로 평가하였으며 기호도 조사에서는 9점은 대단히 좋다, 1점은 대단히 나쁘다로 평가하였다. 차이조사의 항목은 외관(윤기, 색의 강도), 향(이취, 구수한 냄새), 맛(밥맛, 고소한 맛), 텍스처(남알의 거친 정도, 경도, 탄력성, 남알의 응집성, 부착성)들이었으며, 기호도 조사를 위한 항목은 외관의 품질, 향의 품질, 맛의 품질, 텍스처의 품질, 전반적인 품질들이었다.

### 통계처리

모든 실험은 2번 이상 반복하였으며 결과는 SAS package를 이용하여 ANOVA에 의해 분산분석을 실시하였으며,  $p < 0.05$  수준에서 Student *t*-test와 Duncan's multiple range test로 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 쌀의 일반성분 및 총 식이섬유 함량

동진1호 벼를 관행재배와 헤어리베치를 이용한 친환경재배를 하여 현미와 백미로 도정한 쌀의 일반성분과 총 식이섬유 함량은 Table 1과 같다. 단백질 함량은 관행현미(CFB)와 친환경현미(EHFB)가 6.42와 6.58%이며 관행백미(CFW)와 친환경백미(EHFW)가 5.50과 5.97%로 현미가 백미보다 더 많았으나 재배 방법의 차이는 없었다. 회분함량은 CFB와 EHFB는 1.87과 1.54%로 유의 차이를 보였으나 백미는 0.54와 0.74%로 유의차를 보이지 않았다. CF쌀은 백미의 회분함량에 대해 현미는 3.46배, EHF는 2.08배 차이를 나타냈는데 EHF 쌀의 경우는 도정 후에도 많은 무기질이 남아 있음을 알 수 있었다. 조 지방질 함량은 현미와 백미 간에는 유의 차이를 보이거나 같은 도정도에 따라서는 차이가 없었다. CF쌀의 경우 조 지방질은 현미와 백미가 각각 2.59와 0.57%로 모두 현미가 4배 이상 함유하였다. 총 식이섬유 함량은 현미는 재배방법에 따라 차이를 보여 EHFB가 7.56%로 가장 높은 값을 보였으며 백미의 경우에도 EHFW가 높으나 유의 차이는 없었다. 현미를 백미로 도정할 때 CF쌀은 단백질,

Table 1. General composition of brown and white rice grown under conventional and environmentally harmonized farming

Rice <sup>1)</sup>	Moisture (%)	Protein (%)	Ash (%)	Crude lipid (%)	Total dietary fiber (%)
CFB	9.81±0.17 <sup>c2)</sup>	6.42±0.22 <sup>ab</sup>	1.87±0.18 <sup>a</sup>	2.59±0.17 <sup>a</sup>	7.27±0.00 <sup>b</sup>
EHFB	11.23±0.39 <sup>b</sup>	6.58±0.05 <sup>a</sup>	1.54±0.05 <sup>b</sup>	2.41±0.06 <sup>a</sup>	7.56±0.01 <sup>a</sup>
CFW	12.98±0.15 <sup>a</sup>	5.50±0.10 <sup>c</sup>	0.74±0.04 <sup>c</sup>	0.57±0.03 <sup>b</sup>	3.97±0.01 <sup>c</sup>
EHFW	12.38±0.18 <sup>a</sup>	5.97±0.33 <sup>bc</sup>	0.54±0.05 <sup>c</sup>	0.55±0.10 <sup>b</sup>	4.50±0.01 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>CFB, EHFB, CFW, and EHFW mean brown rice with conventional farming and brown rice with environmentally harmonized farming, white rice with conventional farming, and white rice with environmentally harmonized farming, respectively.

<sup>2)</sup>Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

Table 2. Physical properties and color values, and of brown and white rice grown under conventional and environmentally harmonized farming

Rice <sup>1)</sup>	Total starch (%)	Apparent amylose (%)	Water binding capacity (%)	Swelling power (80°C)	DPPH <sup>3)</sup> inhibition (%)	Color values <sup>4)</sup>		
						L	a	b
CFB	85.6±1.0 <sup>b2)</sup>	17.0±3.9	160.3±1.6 <sup>c</sup>	8.1±0.2 <sup>b</sup>	18.8±2.5 <sup>c</sup>	86.70	-0.65	8.44
EHFB	84.9±1.0 <sup>b</sup>	15.3±1.4	162.3±4.1 <sup>bc</sup>	7.5±0.1 <sup>c</sup>	27.5±3.9 <sup>a</sup>	89.26	-0.68	7.67
CFW	91.0±0.3 <sup>a</sup>	20.7±0.2	172.5±2.3 <sup>a</sup>	9.5±0.3 <sup>a</sup>	19.1±1.3 <sup>c</sup>	93.30	-1.04	3.77
EHFW	92.7±0.3 <sup>a</sup>	18.8±0.3	169.1±3.2 <sup>ab</sup>	9.2±0.1 <sup>a</sup>	21.2±2.5 <sup>b</sup>	92.06	-1.08	4.02

<sup>1)</sup>CFB, EHFB, CFW, and EHFW mean brown rice with conventional farming and brown rice with environmentally harmonized farming, white rice with conventional farming, and white rice with environmentally harmonized farming, respectively.

<sup>2)</sup>Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

<sup>3)</sup>DPPH radical scavenging activity.

<sup>4)</sup>L: lightness, ±a: redness/greenness, ±b: yellowness/blueness.

회분, 지방질, 식이섬유 각각 14.3%, 71.1%, 78.0%, 83.1% 감소하였고 EHF쌀은 단백질, 회분, 지방질, 식이섬유가 각각 9.3%, 51.9%, 77.2%, 68.0% 감소하여 단백질과 회분, 식이섬유는 EHF쌀의 감소율이 낮았다. 총 전분함량은 Table 2와 같이 백미와 현미 간에는 유의한 차이를 보이나 같은 백미의 경우 재배방법에 따라서는 차이가 없었다. CF와 EHF 백미의 총 전분 함량은 각각 90.95와 92.72%이었으며 현미는 각각 85.59와 84.87%로 도정에 의해 백미의 단백질, 지방질, 회분, 식이섬유의 감소하여 상대적으로 전분 함량이 증가한 것으로 생각되었다.

쌀알의 수분흡수율

쌀알의 수분 흡수율은 Fig. 1과 같이 시간이 증가함에 따라 증가하였는데 증가 속도는 도정도와 재배 방법에 차이를 보였다. 현미는 5시간까지 급격한 증가를 보이다가 12시간

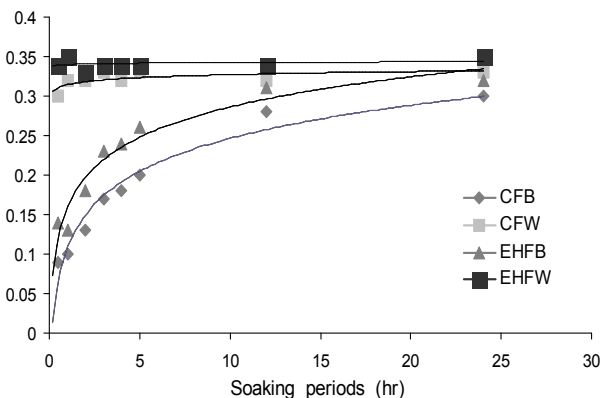


Fig. 1. Water absorption of brown and white rice grains grown under conventional and environmentally harmonized farming during soaking periods.

까지는 완만한 증가를 보였고 그 이후 약간의 증가를 보였는데 백미는 수침 30분 이후 거의 같은 수분흡수율을 보였다. 재배방법에 따라서는 친환경재배인 EHF 쌀이 현미와 백미 모두 더 높은 수분흡수율을 나타냈다. 백미는 쌀 무게에 대해 33~34%, 현미는 28~30% 정도 수분흡수력을 갖는 것으로 알 수 있었다. 쌀의 수분흡수력은 아밀로오스 함량이나 도정도에 따라 다른 경향을 보이며 아밀로오스 함량이 적을수록 도정도가 클수록 수분흡수율이 증가하였다.

이화학적 특성

CF와 EHF 방법으로 재배 생산한 현미와 백미의 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 현미와 백미의 겉보기 아밀로오스 함량은 도정에 따른 성분조성의 차이와 알칼리 호화과정에서 현미와 백미의 차이에 의해 약 3.5%의 차이를 보이나 도정도에 따라서는 CF와 EHF 쌀 사이에 1.71과 1.95% 감소하여 친환경재배에 의해 겉보기 아밀로오스 함량이 감소하는 경향을 보였다. 이는 Park 등(10)이 동진1호 유기 쌀과 일반 쌀의 아밀로오스 함량을 비교했을 때도 낮은 값을 보였으며 Na 등(22)도 추정벼로 유기 재배하면 아밀로오스 함량이 낮다고 보고해 같은 경향을 보였다. Hwang 등(23)은 친환경으로 재배한 쌀의 아밀로오스 함량이 낮아졌다고 보고하여 본 연구결과와 같은 경향이였다. 쌀의 아밀로오스 함량은 밥맛이나 가공적성에도 영향을 줄 수 있으며 아밀로오스 함량의 변화는 전분입자가 세포 내에서 생 합성될 때 구조적인 차이를 주게 되어 쌀가루의 특성을 변화할 수 있을 것으로 생각되었다.

물결합능력은 쌀가루에 함유된 성분과 전분의 구조와도 상관이 있는데 현미보다 백미가 10% 정도 높았으며 재배

방법 간에는 차이가 없었다. 현미의 경우 식이섬유 함량이 높지만 물결합능력이 낮았으므로 물결합능력에 지방이나 무기질 등의 성분 영향이 더 큰 것으로 생각되었다. 80°C에서의 팽윤력은 백미는 9.23~9.52로 현미의 7.47~8.14보다 높았으며 현미의 경우에는 CF쌀이 EHF쌀보다 더 높은 값을 나타냈다. 이 차이도 쌀가루에 함유된 지방질이 전분입자의 팽윤을 억제하는 것으로 생각되었다. 쌀가루의 색도는 백미가 L(명도), a(적색도), b(황색도)값 모두 낮아 더 밝고 더 하얀색을 보였으며 재배방법에 따른 차이는 없었다.

#### DPPH에 의한 항산화활성

쌀이 가지는 기능성 중에서 CF와 EHF쌀의 라디칼 소거능으로 측정된 항산화활성은 Table 2와 같이 백미와 현미에서 모두 EHF쌀이 CF쌀보다 더 높은 값을 나타냈으며 현미가 더 높은 값을 보였는데 이는 현미에 함유된 쌀겨층에 항산화활성을 나타내는 성분이 더 많이 함유되었기 때문으로 생각되었다. 친환경 재배한 쌀의 현미와 백미의 관행재배와 친환경재배 사이의 항산화활성 차이는 현미가 8.7%이며 백미는 2.1% 차이를 보여 항산화활성은 현미에서 뚜렷한 차이를 보임을 알 수 있었다.

#### 주사전자현미경에 의한 쌀 내부 구조

주사전자현미경으로부터 EHF와 CF쌀의 배유 부분의 내부구조를 관찰한 결과는 Fig. 2와 같고 쌀알을 6시간 수침시킨 후에 비교한 배유 부분의 내부구조는 Fig. 3과 같았다. 친환경재배 쌀의 내부 전분은 전분입자 작고 입자 형태가 부드러운 곡면을 보이나 관행재배 쌀은 다면체 형태가 뚜렷함을 알 수 있었다(Fig. 2). 또한 수침 6시간 후의 내부 구조에서도 EHF쌀 내부구조에서 전분 형태가 부드러운 곡면을 갖고 단백질체가 분리된 모양이 분명하게 나타났다(Fig. 3). 이에 반해 CF쌀의 전분입자는 다면체 형태로 크기도 크

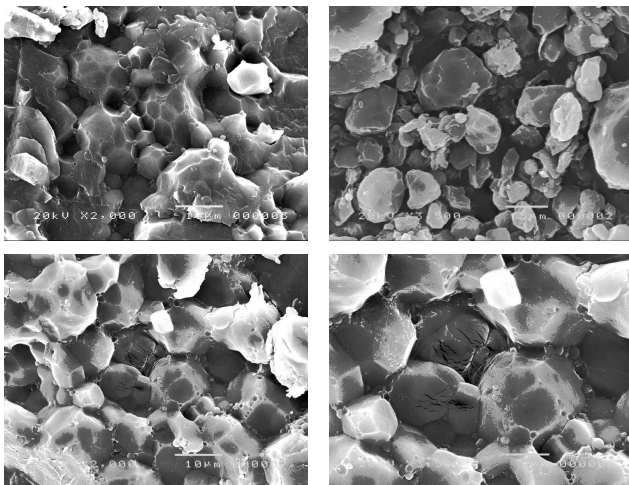


Fig. 2. Scanning electron micrographs of white rices grown under conventional and environmentally harmonized farming. top, EHF rice; down, CF rice. Magnified at  $\times 2000$  (left) and  $\times 3500$  (right).

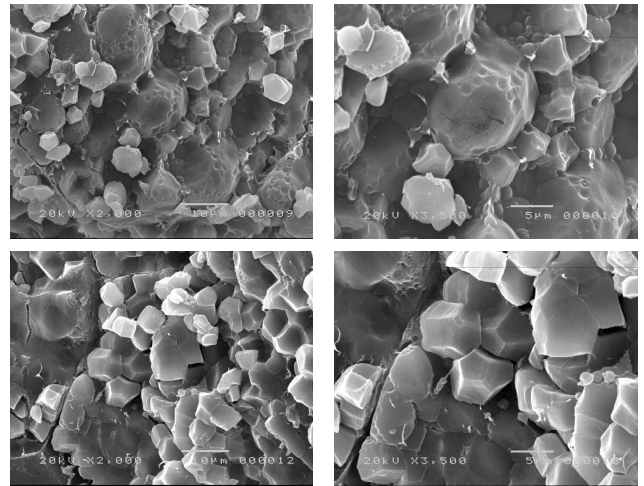


Fig. 3. Scanning electron micrographs of 6 hr soaked white rices grown under conventional and environmentally harmonized farming. top, EHF rice; down, CF rice. Magnified at  $\times 2000$  (left) and  $\times 3500$  (right).

게 보였다. 재배방법에 따라 쌀의 배유 부분의 구조에 대한 변화는 연구된 자료가 없지만 단백질 체나 전분 형태 등이 쌀의 특성을 좌우하게 되므로 더 많은 연구가 진행이 되어야 할 것으로 생각되었다.

#### RVA에 의한 호화특성

EHF와 CF로 재배한 동진1호 쌀가루의 호화특성은 Table 3에서와 같았다. 초기 호화온도는 현미와 백미 모두 EHF쌀이 더 낮아 호화가 빨리 일어남을 알 수 있었다. Peak viscosity와 cold viscosity는 모두 백미가 현미보다 높은 점도를 보였으며 EHF쌀이 CF쌀보다 더 높은 값을 나타냈다. 호화된 전분 입자의 붕괴로부터 얻어지는 breakdown viscosity는 도정도와 관계없이 EHF쌀이 CF쌀보다 더 큰 값을 보였다. 냉각 후에 겔의 형성 정도를 예측할 수 있는 setback viscosity는 현미가 백미보다 더 높았으며 현미에서는 재배에 따른 차이가 없으나 백미에서는 EHF쌀이 더 높았다. 밥을 짓거나 쌀가루로 가공식품을 제조할 때 호화온도가 낮으면서 피크점도가 높은 경우 좋은 품질 특성을 갖게 될 것으로 예측되므로 친환경재배에 의한 쌀이 더 좋은 가공특성을 가질 것으로 생각되었다.

#### 밥의 관능평가

같은 품종의 쌀을 백미로 도정한 다음 가수량을 1.4배로 하여 밥을 지은 다음 차이조사와 기호도 조사를 한 결과 Table 4, 5와 같았다. EHF 쌀로 지은 밥은 윤기, 색, 구수한 냄새, 구수한 맛, 탄성, 부착성이 높은 점수를 보였고 이취, 밥 냄새, 거칠음성, 경도, 응집성이 낮은 점수를 보였지만 두 시료간의 유의적인 차이를 보이지 않았다( $p < 0.05$ ). 밥의 외관, 향미, 맛, 텍스처와 전체적인 선호도를 기호조사로 평가한 결과는 텍스처를 제외하고는 모두 관행재배 쌀로 지은 밥이 더 기호도 점수가 높았지만 두 시료간의 유의적인 차이

**Table 3. Pasting properties of brown and white rice flour grown under conventional and environmentally harmonized farming using rapid visco-analyzer**

Rice <sup>1)</sup>	Initial pasting temp. (°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak (P)	Trough (T)	Cold (C)	Breakdown (P-T)	Total setback (C-T)
CFB	72.1±0.0	171.0±2.8 <sup>c2)</sup>	101.2±1.5 <sup>b</sup>	224.9±1.2 <sup>b</sup>	69.8±1.2 <sup>c</sup>	123.7±0.4 <sup>a</sup>
EHFB	71.3±0.1	201.5±9.9 <sup>b</sup>	110.1±3.0 <sup>b</sup>	232.3±4.9 <sup>b</sup>	91.4±7.0 <sup>ab</sup>	122.2±1.9 <sup>a</sup>
CFW	70.9±0.6	247.1±6.5 <sup>a</sup>	167.4±0.5 <sup>a</sup>	262.0±2.9 <sup>a</sup>	79.7±6.0 <sup>bc</sup>	94.6±2.4 <sup>c</sup>
EHFW	69.8±0.1	260.9±3.1 <sup>a</sup>	165.6±6.1 <sup>a</sup>	269.6±3.5 <sup>a</sup>	95.3±3.1 <sup>a</sup>	104.0±2.6 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>CFB, EHFB, CFW, and EHFW mean brown rice with conventional farming and brown rice with environmentally harmonized farming, white rice with conventional farming, and white rice with environmentally harmonized farming, respectively.

<sup>2)</sup>Means within columns with the different superscripts are significantly different at p<0.05.

**Table 4. Sensory evaluation data of cooked white rice grown under conventional and environmentally harmonized farming by difference test**

Attributes	Sub factor	Conventional farming	Environmentally harmonized farming
Appearance	Gloss	5.56±1.86	5.63±1.89
	Color	4.69±1.58	5.25±1.48
Flavor	Off-flavor	4.00±1.79	3.94±1.95
	Roasted flavor	4.56±1.15	4.75±1.44
Taste	Cooked rice taste	4.56±1.86	4.44±1.63
	Roasted taste	4.19±1.60	4.69±1.74
Texture	Roughness	4.88±1.63	4.81±1.56
	Hardness	4.44±1.97	4.38±1.86
	Springiness	4.94±1.84	5.00±1.15
	Cohesiveness	4.81±1.97	4.50±1.51
	Adhesiveness	4.69±1.74	5.13±1.15

All data were statistically non-significant between cooked rice with conventional farming and environmentally harmonized farming by Student *t*-test (p<0.05).

**Table 5. Sensory evaluation of cooked white rice grown under conventional and environmentally harmonized farming by preference test**

Attributes	Conventional farming	Environmentally harmonized farming
Appearance	5.44±1.86	4.63±1.54
Flavor	4.63±1.54	4.56±1.59
Taste	4.63±1.86	4.31±1.92
Texture	4.81±1.76	4.81±1.87
Overall eating quality	5.13±1.67	4.31±1.58

All data were statistically non-significant between cooked rice with conventional farming and environmentally harmonized farming by Student *t*-test (p<0.05).

를 보이지 않았다. 이는 Park 등(10)이나 Na 등(22)이 일반 쌀이 유기 쌀보다 우수하다고 한 결과와는 달랐지만 본 시료 간에는 유의 차이를 보이지 않았다.

**요 약**

일반 멥쌀인 동진1호 품종으로 녹비작물인 헤어리베치를 이용하여 친환경 무농약 재배와 관행 재배한 쌀로 현미와 백미로 도정하여 수분흡수력, 이화학적 특성과 호화특성 및 밥의 관능평가를 실시한 결과 다음과 같다. 쌀알의 수분흡수력은 친환경 재배 쌀이 도정에 관계없이 모두 높았으며 단백질과 식이섬유는 친환경재배 쌀이 회분과 지방질은 관행재배 쌀이 더 높았고 현미가 백미보다 높았다. 총 전분함량,

물결합능력, 팽윤력은 백미가 현미에 비해 높았으며 재배 방법에 따른 차이는 거의 없었다. DPPH에 의한 항산화 활성은 친환경재배 현미가 가장 높고 친환경 백미 관행재배 쌀 순이었다. 쌀가루 호화액의 초기 호화온도는 현미보다는 백미, 관행재배보다는 친환경재배 쌀이 더 낮았고 피크 점도는 반대 경향을 보여 친환경재배 백미가 가장 높은 점도를 나타냈다. 밥의 관능평가 결과 관행재배와 친환경재배 모두 차이 조사와 기호조사에서 유의적인 차이를 보이지 않았다(p<0.05). 이로부터 친환경재배 쌀의 가공적성이 더 좋은 가능성을 보이는 것으로 추정되며 밥을 지었을 때는 두 재배방법 간 차이가 거의 없음을 알 수 있었다.

**감사의 글**

본 연구는 2010년 농촌진흥청 수확 후 관리 및 가공기술 연구개발 사업에 의해 이루어진 결과의 일부이므로 이에 감사드립니다.

**문 헌**

1. Song JY, Shin M. 2007. Effects of soaking and particle sizes on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *Food Sci Biotechnol* 16: 759-764.
2. Kadan RS, Bryant RJ, Miller JA. 2008. Effects of milling on functional properties of rice flour. *J Food Sci* 73: E151-

- E154.
3. Lee MH, Lee YT. 2006. Properties of gluten-free rice breads using different rice flours prepared by dry-, wet-, and semi wet milling. *Food Eng* 10: 180-185.
  4. Bocevska M, Aldabas I, Andreevska D, Ilieva V. 2009. Gelatinization behavior of grains and flour in relation to physicochemical properties of milled rice (*Oryza sativa* L.) *J Food Quality* 32: 108-124.
  5. Lin CF, Wang YT, Wu JSB. 2009. Modification in physical properties of rice gel by microbial transglutaminase. *J Sci Food Agric* 89: 477-481.
  6. Statistics Korea. www.kostst.go.kr. 2010. Household per Capita Food Grain Consumption in 2009
  7. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2008. Release Copy. Vitalization Plan for Rice Processed Foods.
  8. Chung NJ, Park JH, Kim KJ, Kim JK. 2005. Effect of head rice ratio on rice palatability. *Korean J Crop Sci* 50: 29-32.
  9. National Institute of Crop Science, Rural Development Administration. www.nics.go.kr. 2010. The Highest Quality Rice Production Technology.
  10. Park JH, Nam SH, Kim YO, Kwon OD, An KN. 2010. Comparison of quality, physicochemical and functional property between organic and conventional rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 725-730.
  11. Lee SG, Lee YH, Kim JS, Lee BM, Kim MJ, Shin JH, Kim HM, Choi DH. 2005. Diseases and weeds occurrence and control in organic and conventional rice paddy field. *Korean J Organic Agric* 13: 291-300.
  12. Kim SY, Oh SH, Hwang WH, Choi KJ, Park ST, Kim JI, Yeo US, Kang HW. 2009. Growth, rice yield and edible quality of rice under naturally reseeded Chinese milk vetch cropping system. *Korean J Crop Sci* 54: 351-356.
  13. Won JG, Ahn DJ, Kim SJ, Choi CD, Lee SC. 2008. Effect of rice bran application times on weeds control, rice yield and grain quality. *Korean J Crop Sci* 53: 382-387.
  14. Rural Development Administration National Institute Crop Science. 2008. Understanding of Environment-Friendly Agriculture and Production Technology Environmentally-Friendly Rice's Production Technology Using a Green Manure Crop. p 19-25.
  15. AACC. 2000. *Approved Methods of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
  16. AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
  17. Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem* 47: 411-420.
  18. Kim JM, Song JY, Shin M. 2010. Physicochemical properties of high amylose rice starches purified from Korean cultivars. *Stärke/Starch* 62: 1-7.
  19. Medcalf F, Gilles KA. 1965. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42: 558-568.
  20. Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In *Method in Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL, ed. Academic Press, New York, USA. p 106-108.
  21. Woo KS, Jeong EG, Suh SJ, Yang CI, Jeong HS, Kim KJ. 2008. Antioxidant components and antioxidant activities of 70% ethanol extracts on Suweon-511 and Ilpum rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1223-1230.
  22. Na GS, Lee SK, Kim SY. 2007. Antioxidative effects and quality characteristics of the rice cultivated by organic farming and ordinary farming. *J Kor Soc Appl Biol Chem* 50: 36-41.
  23. Hwang J, Hur WD, Nam GB, Sur DW, Choi KA, Eum SY, Lim SM. 2006. Study on component and quality assessment of environment-friendly produced foods. Korea Food Research Institute Report. p 69-83.

(2010년 7월 29일 접수; 2010년 9월 20일 채택)