

## 품종 및 도정도별 백미와 미강의 특성 및 페놀산 함량

김성란 · 안지윤 · 이현유 · 하태열\*  
한국식품연구원

### Various Properties and Phenolic Acid Contents of Rices and Rice Brans with Different Milling Fractions

Sung-Ran Kim, Ji-Yun Ahn, Hyun-Yu Lee, and Tae-Youl Ha\*  
Korea Food Research Institute

Effects of rice cultivars and degree of milling (DM) on composition, pasting properties, total phenolic contents, and distribution of phenolic acids were investigated. Rice and bran fractions with 94.4, 92.0, and 90.4% milling yields from brown rice of four cultivars (Odae, Nampyung, Chucheong, and Ilmi) were used. Fat and ash contents of milled rices decreased with increasing DM, whereas protein contents were not affected. In rice bran, differences in fat and ash contents by cultivars were higher than those caused by DM. With increasing DM, gelatinization temperature of rice flour decreased, whereas peak viscosity and hold viscosity at 95°C increased. While cold viscosity, final viscosity, and setback varied among cultivars, DM had little effect. Total polyphenolic contents in brown rice, milled rice, and rice bran were 93.9-88.8, 30.3-71.9, and 310.0-541.6 mg catechin eq/100g, respectively. Major phenolic compounds were identified as ferulic and *p*-coumaric acids. Total phenolic content of brown rice (65.9-27.9 mg%) decreased with increasing DM, whereas ratio of ferulic acid composition increased. Chucheong and Ilmi varieties showed biggest reduction of phenolic acid contents by milling. In rice bran, ferulic and *p*-coumaric acids were 157.8-240.2 and 31.8-90.4 mg%, respectively. Contents of sinapinic, benzoic, and *m*-hydroxybenzoic acids in rice bran were higher than those of brown and milled rices.

**Key words:** rice, bran, degree of milling, gelatinization, phenolic acid

### 서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 우리 민족의 오랜 주식이었으나 최근 그 소비량이 점차 감소되고 쌀 중심 식생활의 영양적 우수성을 인식하지 못하여 주식으로서 위치가 흔들리고 있다. 그동안 쌀의 영양특성에 관한 연구로서 쌀의 성분, 탄수화물 급원으로서의 전분 및 식이섬유 연구, 단백질과 지질 성분의 특성 연구와, 미강을 중심으로 한 미강유에 관한 연구결과들이 발표되었다(1-3). 쌀의 외피를 구성하는 미강은 혈중 콜레스테롤 저하효과, 항산화 효과, 혈압상승 억제 효과가 우수하며, 쌀 전분은 다른 전분에 비하여 혈당 상승과 인슐린 반응성이 낮아 당뇨에 효과적이라고 보고되기도 하였다(3,4). 특히 미곡 부산물인 미강으로부터 다양한 유효성분들이 확인되어 그 효능이 보고되었다(5) 일부가 기능성 소재로서 제품화되기도 하였다.

최근 전곡(whole grain)의 섭취는 암, 심장병과 같은 성인병

의 발병을 감소시킨다(6)는 연구결과가 발표됨에 따라 실제 우리의 식생활에서 섭취되고 있는 곡류 중 유효성분의 분포와 함량에 대한 관심이 커지고 있다. 쌀의 구성성분은 품종이나 재배 환경, 가공과 저장에 의하여 차이가 나며 쌀알의 부위나 도정도에 따라 다르다(7). 일반적으로 쌀의 주성분은 전분이 70% 이상 차지하고 있으며 곡립의 내부에 풍부하고 단백질(7-8%), 지방(1-3%), 비타민, 무기질은 내부 보다는 외층에 풍부하다고 보고되었다(8). 특히 항산화력 등 생리활성이 우수한 tocopherol, phytic acid, phenolic acid, oryzanol 등 전곡에 함유된 유용 성분들의 대부분은 pericarp과 aleurone layer을 포함한 bran layer와 배아에 분포하고 있다. 이중 최근 주목을 받고 있는 ferulic acid, *p*-coumaric acid 등 hydrocinnamic acid 류의 페놀산들은 일부가 유리형으로 존재하고 대부분은 세포벽 다당체와 리그난에 ester 혹은 ether 결합상태 이며 항산화 활성을 통하여 여러 가지 생리기능성을 발휘한다고 보고되었다(9-10). 특히 쌀과 미강의 주요 페놀산으로 나타난 ferulic acid는 LDL 산화 억제(11,12), radicals에 의한 세포손상 보호(13)등 항산화 효과가 우수할 뿐만 아니라 항돌연변이 활성(14-17), UV 조사에 대한 피부 보호활성(18), 당뇨 유도쥐의 혈중 지질 개선효과(19) 등 여러 생리활성이 보고되었다. 최근에는 free 형의 ferulic acid와 ferulic acid의 dimer, bound 형의 ferulic acid간의 bioavailability를 비교하는 연구가 보고되고 있다(20).

\*Corresponding author: Tae-Youl Ha, Korea Food Research Institute, San 46-1 Backhyun-dong, Bundang-gu, Sungnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea  
Tel: 82-31-780-9054  
Fax: 82-31-780-9225  
E-mail: tyhap@kfri.re.kr

Phenolic acid의 분석에는 HPLC가 가장 많이 사용되고 있으며 Adom과 Rui(14)가 쌀, 밀, 옥수수, 귀리에 함유되어 있는 ferulic acid의 함량을 정량한 것을 비롯하여 wheat bran(21), 보리(22), 동부(23), wild rice(24), 쌀과 발아현미(25) 등에 존재하는 phenolic acid의 조성 and 함량이 보고되었다. Zhou 등(26)은 백미보다 현미에 함유된 ferulic acid와 *p*-coumaric acid가 높고 현미 중 총 폴리페놀의 80-90%가 결합형 페놀산인 반면 백미에서는 53-74%였다고 보고하였다. 국내에서는 제분분획별 쌀의 페놀산 조성을 TLC로 분석하고 TLC scanner로 비교하여 페놀산의 구성성분을 보고한 바 있다(27). 한편 bound 형태로 존재하는 phenolic acid를 유리시켜 분석하기 위하여 알칼리 가수분해 또는 효소처리가 이용되고 있다(22,28).

본 연구에서는 쌀의 영양적 우수성을 규명하고자 쌀의 품종과 도정도에 따른 성분과 특성을 비교하고 도정도별 쌀과 미강에 함유된 총 폴리페놀과 phenolic acid의 함량을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

시료로 사용한 벼는 2001년산으로 오대 품종을 칠원농협에서, 남평 품종은 호남 작물시험장으로부터 제공받았으며 일미 품종은 곡성농협에서, 추청 품종은 비봉농협에서 구입하여 시료로 사용하였다.

### 도정

냉장 보관한 벼를 제현기(Satake rice machine Type THU, Satake Engineering Co, Tokyo, Japan)로 처리하여 왕겨를 분리하고 현미를 제조하였다. 이 현미를 도정기(Testing rice mill VP-31T, Fujihara Factory, Tokyo, Japan)로 도정하여 미강 및 백미 시료를 제조하였다. 도정도별 시료는 수율을 기준으로 현미(100%), 7분 도미(94.4%), 10분 도미(92.0%), 12분 도미(90.4%)를 각각 제조하였으며, 각 도정 과정 중 생산된 미강을 도정도별 미강 시료로 사용하였다.

### 색도 측정

도정도별 시료와 미강의 색도는 색차계(CR-200 Chroma meter, Minolta Inc., Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 일반성분 분석

일반성분은 AOAC법(29)에 따라 다음과 같이 분석하였다. 수분함량은 air-oven법(AACC 44-15A)으로, 단백질 함량은 Kjeltac auto 1030 analyzer(Tecator Co., Sweden)를 이용하여 micro-Kjeldahl법(AACC 46-13)으로, 회분은 건식회화법(AACC 08-01)으로 분석하였다.

### 아밀로그래프

Brabender Visco/Amylograph(Brabender OHG, Germany)를 이용하여 Sowbhagya와 Bhattacharya(30)의 방법에 따라 도정도별 쌀가루의 호화특성을 측정하였다. 온도 프로그램은 초기온도 35°C에서 1.5°C/min의 속도로 95°C까지 상승시켜 15분간 유지시킨 다음 다시 동일한 속도로 50°C까지 냉각하고 30분간 유지하도록 조정하였으며 160 메시 크기로 분쇄한 시료를 8%의 농도(건물기준)로 현탁시켜 측정하였다.

### 총 폴리페놀 함량

시료 5g을 취해 70% 메탄올 50 mL로 환류 추출한 후 Folin-Ciocalteu법에 따라 총 폴리페놀 함량을 정량하였다(31). 추출물을 희석한 검액에 Folin 시약 5 mL를 첨가하고 3분 후에 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 mL를 가하여 혼합하여 발색시켰다. 1시간 후에 발색된 색을 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질 (+)catechin을 기준으로 환산하였다.

### 페놀산 분석

분쇄한 도정도별 시료에 1 M NaOH를 첨가하여 Bartolome과 Gomez-Cordoves(22)의 방법에 따라 질소 하에 20°C에서 16시간 처리하였다. 이 추출물을 13,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하였고 아세트산 200 µL를 넣어 pH 3으로 산성화 시켰다. 이 시료를 동량의 에틸에세테이트로 5번 반복 추출한 다음 추출물들을 모아 감압농축기로 건조시키고 50% 메탄올 0.5 mL에 녹여 ferulic acid 등 hydrocinnamic acids를 분석하였다(28). 정량 분석은 JASCO(Japan)사의 HPLC system을 이용하였으며 column은 Waters사의 µ-Bondapak(3.9×300 mm)을 사용하였다. 이동상은 0.05% phosphoric acid(A)와 methanol(B)을 이용하였으며 B용매를 2%부터 50%까지 증가시켰다. 유속은 0.5 mL/min로 조절하였고 injection volume는 20 µL였으며 UV detector의 파장은 280 nm, 감도는 0.32로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 도정도별 쌀의 일반성분과 색도

국내산 쌀품종 중 오대, 남평, 추청, 일미를 대상으로 하여 현미와 7분도, 10분도 및 12분도로 도정하고 도정도별 쌀의 성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 현미의 수분 함량은 11.70-15.27%로서 남평과 추청이 높았으며 도정도에 따라서는 1% 이내의 수분함량 차이를 나타내었다. 현미의 지방 함량은 2.13-2.52%로 품종에 따른 차이는 적으나 도정도가 증가할수록 크게 감소하여 미강부분에 지방이 다량 존재함이 확인되었다. 현미의 단백질 함량은 남평이 7.61%로 가장 높고 일미가 5.66%로 낮았으며 도정도에 따른 변화는 크지 않았다. 회분 함량은 도정도가 증가할수록 가장 크게 감소되어 현미의 경우 1.22-1.52% 범위였으나 12분도정미의 경우 0.45-0.99%도 나타났다. 이 양상은 Kim 등(32)의 보고와 유사하게 나타났다.

쌀의 색도는 Table 1에서와 같이 도정도가 증가함에 따라 백색도(L)가 증가하고 적색도(a)와 황색도(b)가 감소하는 일반적인 경향을 나타내었으며 도정도에 따른 차이보다는 품종에 따른 차이가 더 큰 것으로 나타났다. 추청과 일미의 백색도가 오대와 남평에 비하여 높았다.

### 도정도별 미강의 일반성분과 색도

도정도별로 분리한 미강분획의 성분과 색도는 Table 2와 같다. 미강과 백미의 성분을 비교해 보면 특히 지방과 회분의 함량이 높아 각각 15.82-20.80%, 6.92-10.34% 함유되어 있는 것으로 나타났다. 미강의 지방과 회분 함량은 품종에 따른 차이도 매우 큰 것으로 나타났으며 현미의 경우 도정도가 증가할수록 지방과 회분 함량이 크게 감소하였으나 미강의 경우 도정도에 따른 차이는 적어서 미강층의 내외부에 따른 함량 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편 미강의 단백질은 9.88-13.40%

**Table 1. Proximate composition (%) and color of brown rice and rices with different milling fractions**

Variety	Fraction <sup>1)</sup>	Moisture	Fat	Protein	Ash	Hunter's color value		
						L	a	b
Odae	Brown	12.91	2.52	7.03	1.52	84.75	0.07	10.27
	Rice 7	12.83	1.92	6.91	0.91	88.58	-0.31	8.64
	Rice 10	13.36	1.11	6.73	0.65	89.93	-0.64	7.34
	Rice 12	13.50	1.12	6.54	0.45	90.26	-0.59	5.33
Nampyung	Brown	14.96	2.51	7.61	1.44	84.60	0.34	11.07
	Rice 7	14.95	1.92	7.31	0.89	87.76	-0.27	7.97
	Rice 10	15.16	0.97	7.04	0.60	90.12	-0.42	6.51
	Rice 12	15.27	0.95	6.92	0.59	91.26	-0.47	5.90
Chucheong	Brown	14.36	2.13	6.86	1.22	90.30	-0.07	8.62
	Rice 7	14.09	1.67	6.40	0.89	94.23	-0.28	5.92
	Rice 10	13.51	1.62	6.58	0.81	94.77	-0.40	5.17
	Rice 12	13.47	1.60	6.58	0.62	94.76	-0.42	4.51
Ilmi	Brown	12.09	2.51	5.66	1.33	92.56	0.17	7.41
	Rice 7	11.94	2.46	5.47	1.04	93.45	0.02	5.63
	Rice 10	11.70	1.91	5.50	1.00	94.79	-0.41	4.77
	Rice 12	11.70	1.10	5.61	0.99	95.78	-0.17	4.36

<sup>1)</sup>Rice 7, 10, and 12 means and milled rice of 94.4%, 92.0%, and 90.4% milling rice yields from brown rice, respectively.

**Table 2. Proximate composition (%) and color of rice brans with different milling fractions**

Variety	Fraction <sup>1)</sup>	Moisture	Fat	Protein	Ash	Hunter's color value		
						L	a	b
Odae	Bran 7	13.38	16.27	11.99	9.42	67.08	1.89	22.63
	Bran 10	11.27	16.96	12.62	9.90	67.68	1.72	22.22
	Bran 12	11.15	16.43	12.31	9.05	68.29	1.65	21.66
Nampyung	Bran 7	11.84	20.80	11.88	9.81	67.26	2.85	21.62
	Bran 10	13.29	20.01	10.82	10.34	67.04	2.56	21.69
	Bran 12	12.99	19.31	10.54	9.55	67.87	2.25	21.23
Chucheong	Bran 7	12.99	20.45	12.95	7.83	62.77	3.33	24.67
	Bran 10	12.71	20.85	13.40	8.38	63.81	2.91	24.91
	Bran 12	13.85	18.65	12.79	8.01	65.83	2.39	23.49
Ilmi	Bran 7	13.39	15.87	11.27	6.92	66.15	4.20	24.18
	Bran 10	13.34	16.76	11.68	7.46	65.11	3.92	22.68
	Bran 12	13.87	15.82	9.88	7.10	66.68	3.95	22.96

<sup>1)</sup>Bran 7, 10, and 12 means bran fractions obtained by milling of 94.4%, 92.0%, and 90.4% milling rice yields from brown rice, respectively.

범위였으며 추청 미강의 단백질 함량이 매우 높았고 도정도별 미강 시료에서 유의적인 함량 감소는 관찰되지 않았다.

미강의 색도는 백미 및 현미의 색도에 비하여 백색도가 낮고 적색도와 황색도는 높았다. 또한 품종에 따라 색도차이가 나타나 추청미강이 백색도가 가장 낮았고 황색도가 높았으며 적색도는 일미미강이 높았다. 도정도에 따라 분리된 미강의 백색도(L)는 추청품종을 제외하고 변화가 적었으며 일반적으로 적색도(a)와 황색도(b)가 일부 감소되는 경향을 나타내었다.

#### 품종 및 도정도별 쌀의 호화특성

아밀로그래프에 의한 쌀가루의 호화양상은 Table 3과 같다. 호화개시온도를 비교해보면 현미의 경우 일미 품종이 71.8 로 가장 낮았고, 추청, 오대, 남평의 순으로 각각 75.5, 87.0, 89.0 인 것으로 나타나 10°C 이상의 차이가 있었다. 도정도가 증가할수록 쌀가루의 호화개시온도는 일미 품종을 제외하고 모두

5-6°C가 낮아지는 것으로 나타났다. Champagne 등(33)도 곡립 외층이 제거될수록 호화개시온도가 유의적으로 감소한다고 보고하였다. 한편 일미 쌀은 다른 품종과 달리 호화온도가 매우 낮을 뿐만 아니라 도정에 의한 호화온도 감소효과가 거의 없는 것으로 나타났는데 이는 Table 1에서 단백질 함량이 낮고 도정도별 단백질 함량이 차이가 없는 것과 상관이 있는 것으로 사료되었다.

피크점도(P)와 95°C 15분간 유지 후 점도(H)는 Table 3과 같이 도정도가 높을수록 비례적으로 증가하였으며, 오대 품종의 피크점도가 특히 높았다. Yoon and Kim(34)도 오대쌀의 피크 점도가 다른 두 품종의 쌀에 비해 높으며 도정도가 증가할수록 피크점도가 유의하게 증가함을 보고하였다. Perdon 등(35)은 도정도가 증가할수록 피크점도가 증가하였으며 증가율은 장립종보다 중립종에서 컸다고 보고하였다. 냉각점도(C)와 50°C에서 30분간 유지시킨 최종점도(E)는 추청과 일미 품종에서만 도

**Table 3. Brabender Visco/Amylograph characteristics of brown rice and rices with different milling fractions**

Variety	Fraction <sup>1)</sup>	A <sup>2)</sup> (°C)	Viscosity (B.U)						
			P <sup>3)</sup>	H <sup>4)</sup>	C <sup>5)</sup>	E <sup>6)</sup>	P-H <sup>7)</sup>	C-H <sup>8)</sup>	C-P <sup>9)</sup>
Odae	Brown	87.0	450	386	690	842	64	304	240
	Rice 7	83.4	455	314	546	706	141	232	91
	Rice 10	82.5	470	295	472	592	175	177	2
	Rice 12	81.5	527	295	456	570	232	161	-71
Nampyung	Brown	89.0	220	180	385	550	40	205	165
	Rice 7	85.0	300	207	387	540	93	180	87
	Rice 10	86.0	308	217	382	512	92	166	74
	Rice 12	83.8	325	231	394	502	94	163	69
Chucheong	Brown	75.5	226	114	192	297	112	78	-34
	Rice 7	75.5	355	212	358	490	143	146	3
	Rice 10	71.8	407	220	365	491	187	145	43
	Rice 12	69.5	422	233	380	498	189	147	42
Ilmi	Brown	71.8	264	148	244	358	116	97	20
	Rice 7	71.0	388	228	400	558	160	173	13
	Rice 10	71.0	436	281	488	625	155	207	52
	Rice 12	71.0	465	424	573	760	41	149	108

<sup>1)</sup>Rice 7, 10, and 12 means milled rice of 94.4%, 92.0%, and 90.4 % milling rice yields from brown rice, respectively.

<sup>2)</sup>A: Initial pasting temperature, <sup>3)</sup>P: Peak viscosity, <sup>4)</sup>H: Hot paste viscosity at 95°C after 15 min.

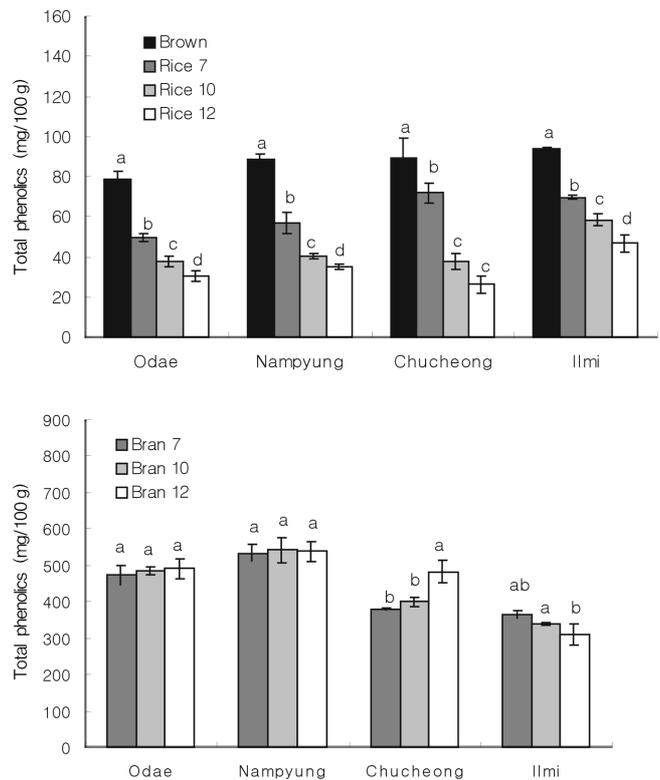
<sup>5)</sup>C: Cold viscosity, <sup>6)</sup>E: Viscosity after 30 min at 50°C, <sup>7)</sup>P-H: Breakdown, <sup>8)</sup>C-H: Consistency, <sup>9)</sup>C-P: Setback.

정도가 증가할수록 증가되는 경향을 보였다. 냉각점도와 최종 점도는 도정도가 증가하면 증가한다고 보고되었으나(34,36) 피크점도와 달리 최종점도는 도정율에 따른 관련성을 보이지 않는다고 보고되기도(35) 하였다. 본 실험에 사용한 시료의 경우 냉각점도, 최종점도, breakdown(P-H), consistency(C-H), setback (C-P)은 도정도에 따라 일정한 경향을 보이기도는 품종에 따른 차이가 더 큰 것으로 나타났다. 오대품종은 현미상태의 점도가 특징적으로 높았고 도정도가 증가함에 따라 피크점도와 breakdown은 증가하였으나 다른 점도지수는 모두 감소하였다. 남평품종은 호화개시가 느리게 시작되었고 도정에 따른 냉각 점도(C)와 최종점도(E)의 변화가 적은 특징이 있었다. 추청과 일미 품종은 도정도가 증가할수록 전분분획이 증가하여 생기는 일반적인 쌀가루의 호화양상을 보였고 일미품종이 노화를 반영하는 점도지수가 더 높았다.

**총 폴리페놀 함량**

현미에 함유된 총 폴리페놀의 함량은 Fig. 1과 같이 일미가 93.9 mg catechin eq/100 g으로 가장 높고 추청 89.5, 남평 88.8, 오대 78.4 mg catechin eq/100 g 순으로 나타났다. 도정한 백미 중의 총 폴리페놀 함량은 30.3-71.9 mg catechin eq/100 g 범위였으며, 미강에는 310.0-541.6 mg catechin eq/100 g로서 다량의 폴리페놀이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 도정도가 증가함에 따라 백미 중의 함유된 폴리페놀 함량은 유의적으로 감소되었으며 12분도미의 경우 현미에 함유된 폴리페놀의 절반이하 수준인 것으로 나타났다. 미강분획의 폴리페놀 함량은 도정도에 따른 변화가 거의 없었으나 도정에 따른 백미 중의 함량 변화가 컸던 추청품종의 경우 12분도정시 분리된 미강에서 폴리페놀의 함량이 높았다. 일미 품종은 백미 중의 폴리페놀 함량이 다른 품종에 비하여 가장 높았으나 반면 미강 중의 폴리페놀 함량은 가장 낮았다.

Adom과 Rui(14)는 곡류 중의 폴리페놀 함량을 비교한 결과



**Fig. 1. Total polyphenols in rice (up) and rice brans (bottom) with different milling fractions.**

쌀의 총 폴리페놀 함량은 쌀이 5.56 mol of gallic acid eq/g으로서 옥수수, 밀, 귀리보다 낮았다고 보고하였다. 이는 94.5 mg gallic acid eq/100 g에 해당하며 Fig. 1의 현미에 함유된 총 폴리페놀의 함량과 유사한 수준이었다. Chun 등(15)도 쌀의 도정

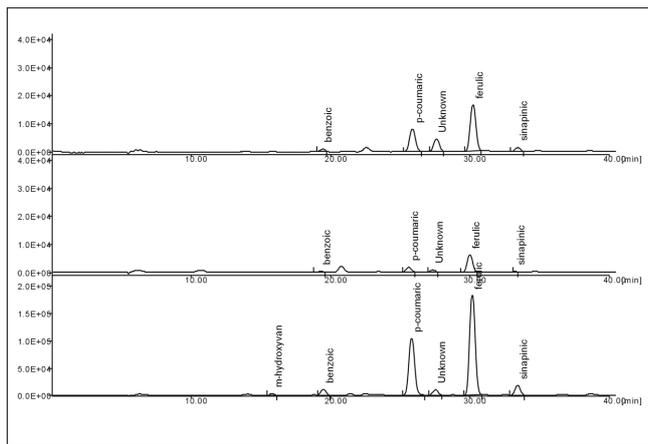


Fig. 2. HPLC chromatograms of phenolic acids extracted from brown rice (top), rice (middle), and bran fractions (bottom) obtained by milling from Odae rice.

분획별 메탄올 추출물을 제조하고 총 폴리페놀 함량을 비교한 결과 미강 추출물 중의 폴리페놀 함량이 백미보다 3-4배 높고 도정도가 증가할수록 추출수율과 추출물 중 폴리페놀 함량이 감소함을 보고하였다.

#### 페놀산 함량 및 조성

도정도를 달리하여 현미, 백미 및 미강의 페놀산 함량을 분석한 결과 Fig. 2의 chromatogram과 같았으며, phenolic acid는 Table 4, 5와 같이 ferulic acid가 가장 많아 50% 이상을 차지하였고 *p*-coumaric acid, benzoic acid, sinapinic acid 순으로 함유되어 있었다. Benzoic acid는 미강시료에서만 sinapinic acid와 *m*-hydroxybenzoic acid는 미강, 현미 및 일부 백미 시료에서만 검출되었다.

현미의 총 phenolic acid 함량은 Table 4와 같이 오대 현미가 65.9 mg%로서 가장 높고 남평, 일미, 추청의 순이었다. 도정도

가 증가할수록 백미 중의 총 phenolic acid 함량은 감소되어 7분도미는 15.2-51.7 mg%, 10분도미는 8.9-37.1 mg%, 12분도미는 5.2-29.9 mg%를 나타내었다. 또한 12분도미로 도정율이 증가되면 phenolic acid 조성 중 ferulic acid 차지비율이 증가하는 것으로 나타났다. 품종 중에서는 추청과 일미에서 도정으로 인한 phenolic acid 함량 감소가 컸다.

Zhou 등(26)은 저장기간이 차이 나는 쌀 품종을 대상으로 phenolic acid를 분석한 결과 현미에서 ferulic acid(255-363 mg/kg)와 *p*-coumaric acid(70-152 mg/kg) 함량이 높았고 백미에서는 ferulic acid(61-84 mg/kg)가 함유되어 있다고 보고하여 본 결과와 유사하였다. 또한 현미에서는 총 폴리페놀의 80-90%가 결합형 페놀산인 반면 백미에서는 53-74%였으며 저장된 현미와 백미에서는 총 페놀산과 결합형 페놀산이 점차 감소되었고 이때 4°C보다는 37°C에서 감소폭이 크다고 보고하였다.

미강의 경우 총 페놀산 함량은 Table 5에서와 같으며 ferulic acid는 157.8-240.2 mg%, *p*-coumaric acid는 31.8-90.4 mg% 범위로 나타났고 현미와 백미와는 달리 sinapinic acid, benzoic acid, *m*-hydroxybenzoic acid의 함량도 높았다. 오대 7분도 미강의 페놀산 함량이 가장 높았으며 미강분획의 페놀산 함량은 도정도 증가함에 따른 일관적인 변화는 찾아볼수 없었다. 추청 7분도 미강은 페놀산 함량이 가장 낮았는데 이는 추청현미 중의 페놀산 함량이 가장 낮고 7분도로 도정시 다른 품종에 비해 함량감소가 적었던 Table 4의 결과와 관련이 있는 것으로 사료되었다.

쌀과 미강의 주요 페놀산으로 나타난 ferulic acid는 항산화 효과와 항돌연변이 활성, 당뇨 유도쥐의 혈중 지질 개선효과 등 여러 생리활성이 보고됨에 따라 주목을 받고 있다. 쌀에는 이들 phenolic acid 및 총 폴리페놀이 상당량 함유되어 있으며 그 대부분은 pericarp과 aleurone layer을 포함한 미강층에 분포하고 페놀산은 주로 식물세포벽의 arabinoxylan에 ester 결합으로 존재하거나 lignan에 ester 혹은 ether 결합한 상태로 존재하므로 이들 성분의 효율적인 이용을 위한 쌀의 섭취방안이 필요한 것으로 나타났다.

Table 4. Contents of phenolic acids in brown rice and rices with different milling fractions

Variety	Fraction <sup>1)</sup>	Phenolic acids (mg%)					Sum
		<i>m</i> -hydroxybenzoic	benzoic	<i>p</i> -coumaric	ferulic	sinapinic	
Odae	Brown	tr <sup>2)</sup>	14.2	13.1	32.5	6.1	65.9
	Rice 7	-	6.8	11.6	28.3	5.0	51.7
	Rice 10	-	tr	9.0	22.4	tr	31.4
	Rice 12	-	tr	9.2	20.7	tr	29.9
Nampyung	Brown	tr	7.8	11.5	31.7	6.2	57.2
	Rice 7	-	tr	9.0	22.6	4.0	35.6
	Rice 10	-	tr	9.8	22.5	4.8	37.1
	Rice 12	-	tr	9.3	19.5	tr	28.8
Chucheong	Brown	tr	7.0	3.4	17.5	tr	27.9
	Rice 7	-	5.9	0.3	9.0	tr	15.2
	Rice 10	-	tr	0.7	8.2	tr	8.9
	Rice 12	-	tr	tr	5.2	tr	5.2
Ilmi	Brown	tr	5.0	7.2	29.7	3.8	45.7
	Rice 7	-	3.9	1.5	12.4	tr	17.8
	Rice 10	-	1.8	1.4	8.1	1.2	12.5
	Rice 12	-	0.6	tr	5.1	tr	5.7

<sup>1)</sup>Rice 7, 10, and 12 means milled rice of 94.4%, 92.0%, and 90.4% milling rice yields from brown rice, respectively, <sup>2)</sup>Trace.

**Table 5. Contents of phenolic acids in rice brans with different milling fractions**

Variety	Fraction <sup>1)</sup>	Phenolic acid (mg%)					Sum
		<i>m</i> -hydroxybenzoic	benzoic	<i>p</i> -coumaric	ferulic	sinapinic	
Odae	Bran 7	22.0	43.5	90.4	240.2	42.3	438.4
	Bran 10	16.2	29.4	70.3	208.3	42.2	366.4
	Bran 12	17.7	24.2	82.9	228.1	47.2	400.1
Nampyung	Bran 7	14.8	15.6	71.8	224.6	39.4	366.2
	Bran 10	11.1	22.9	57.8	191.8	37.8	321.4
	Bran 12	11.7	28.9	56.3	189.8	42.91	329.6
Chucheong	Bran 7	4.9	31.5	31.8	152.1	24.1	244.4
	Bran 10	7.3	38.4	50.8	211.8	35.4	343.7
	Bran 12	10.4	43.1	48.7	201.2	44.4	347.8
Ilmi	Bran 7	12.5	45.5	60.3	168.6	26.5	313.4
	Bran 10	11.1	64.1	61.0	178.8	36.2	351.2
	Bran 12	12.0	87.6	60.9	157.8	26.6	344.9

<sup>1)</sup>Bran 7, 10, and 12 means bran fractions obtained by milling of 94.4%, 92.0%, and 90.4% milling rice yields from brown rice, respectively.

## 요 약

본 연구에서는 오대, 남평, 추청, 일미 4품종으로부터 각각 현미와 7분도, 10분도 및 12분도의 백미와 미강을 제조하고 품종과 도정도에 따른 특성을 비교하였으며 총 폴리페놀과 페놀산의 함량을 분석하였다. 현미의 성분 중 지방과 회분 함량이 도정도가 증가할수록 크게 감소하였으며 단백질 함량은 변화가 크지 않았다. 미강의 지방과 회분 함량은 품종에 따른 차이가 매우 큰 것으로 나타났으며 도정도에 따른 차이는 적었다. 도정도가 증가할수록 쌀가루의 호화개시온도가 낮아지고 피크 점도(P)와 95°C 15분간 유지 후 점도(H)가 증가하였으나 반면 냉각점도, 최종점도, setback 등은 도정도에 따라 일정한 경향을 보이기도는 품종에 따른 차이가 더 큰 것으로 나타났다. 현미에 함유된 총 폴리페놀의 함량은 93.9-88.8 mg catechin eq/100 g이고 도정한 백미 중에는 30.3-71.9 mg catechin eq/100 g 범위였으며, 미강에는 310.0-541.6 mg catechin eq/100 g이었다. Phenolic acid는 ferulic acid, *p*-coumaric acid가 주요 성분이었으며 현미의 총 phenolic acid 함량은 65.9-27.9 mg%였으나 도정도가 증가할수록 감소되고 ferulic acid 조성비가 증가하는 것으로 나타났다. 품종 중에서는 추청과 일미에서 도정으로 인한 phenolic acid 함량 감소가 컸다. 미강의 경우 ferulic acid는 157.8-240.2 mg%, *p*-coumaric acid는 31.8-90.4 mg% 범위로 나타났고 현미와 백미와는 달리 sinapinic acid, benzoic acid, *m*-hydroxybenzoic acid의 함량도 높았다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 쌀 기획 과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Vallareal CP, Maranville JW, Juliano BO. Nutrient content and retention during milling of brown rices from the International Rice Research Institute. *Cereal Chem.* 68: 437-439 (1991)
- Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 885-892

- (2002)
- Nicolsi RJ, Rogers EJ, Ausman LM, Orthefer FT. Rice bran oil and its health benefits. pp. 421-437. In: *Rice Science and Technology*. Marshal WE, Wadsworth JI (eds). Marcel Dekker, New York, USA (1993)
- Capro PA, Reaven G, Olefsky J. Postprandial plasma-glucose and insulin responses to different complex carbohydrate. *Diabetes* 26: 1178-1183 (1977)
- Xu Z, Hua N, Godber JS. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and  $\gamma$ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropylamine) dihydrochloride. *J. Agric. Food Chem.* 49: 2077-2081 (2001)
- Slavin J, Jacobs D, Marquart L. Whole-grain consumption and chronic disease. *Prot. Mech. Nutr. Cancer* 27: 14-21 (1997)
- Kennedy BM, Schelstraete M, Del Rosario AR. Chemical, physical, and nutritional properties of high protein flours and residual kernel from the over milling of uncoated milled rice. 1. Milling procedure and protein, fat, ash, amylose, and starch content. *Cereal Chem.* 51: 435-448 (1974)
- Song BH, Kim DH, Kim SG, Kim YD, Choi KS. Distribution of minerals within the degermed brown rice kernel. *Agric. Chem. Biotechnol.* 31: 162-165 (1988)
- Andreason MF, Christensen LP, Meyer AS, Hansen A. Release of hydrocinnamic and hydrobenzoic acids in rye by commercial plant cell degrading enzyme preparation. *J. Sci. Food Agric.* 79: 411-413 (1999)
- Kikuzaki H, Hisamoto M, Hirose K, Akiyama K, Taniguchi H. Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds. *J. Agric. Food Chem.* 50: 2161-2168 (2002)
- Ohta T, Semboku N, Kuchii A, Egashira Y, Sanada H. Antioxidant activity of corn bran cell-wall fragments in LDL oxidation system. *J. Agric. Food Chem.* 45: 1644-1648 (1997)
- Andreasen MF, Landbo AK, Christensen LP, Hansen A, Mayer AS. Antioxidant effects of phenolic rye (*Secale cereale* L.) extracts, monomeric hydroxycinnamates, and ferulic acid dehydrodimers on human low-density lipoproteins. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4090-4096 (2001)
- Ogiwara T, Satoh K, Murakami Y, Unten S, Atsu T, Sakagami H, Fujisawa S. Radical scavenging activity and cytotoxicity of ferulic acid. *Anticancer Res.* 22: 2711-2717 (2002)
- Adom KK, Rui HL. Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6182-6187 (2002)
- Chun HS, You JE, Kim IH, Cho JS. Comparative antimutagenic and antioxidative activities of rice with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1371-1377 (1999)
- Graf E. Antioxidant potential of ferulic acid. *Free Radic. Biol. Med.* 28: 1249-1256 (2000)

17. Bourne LC, Rice-Evans C. Bioavailability of ferulic acid. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 253: 222-227 (1998)
18. Antella S, Antonio T, Rosella LC, Domenico T, Anna P, Anna DP, Nicola U, Francesco B. Ferulic and caffeic acids as potential protective agents against photooxidative skin damage. *J. Sci. Food Agric.* 79: 476-480 (1999)
19. Balasubashini MS, Rukkumani R, Menon VP. Protective effects of ferulic acid on hyperlipidemic diabetic rats. *Acta. Diabetol.* 40: 118-122 (2003)
20. Rondini L, Maillard MNP, Baglieri AM, Fromentin G, Durand P, Tome D, Prost M, Berset C. Bound ferulic acid from bran is more available than the free compound in rat. *J. Agric. Food Chem.* 52: 4338-4343 (2004)
21. Zhou K, Su Lan, Yu L. Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6108-6114 (2004)
22. Batolome B, Gomez-Cordoves C. Barley spent grain: release of hydroxycinnamic acid (ferulic and *p*-coumaric acids) by commercial enzyme preparation. *J. Sci. Food Agric.* 79: 435-439 (1999)
23. Cai R, Hettiarachchy NS, Jalaluddin M. High performance liquid chromatography determination of phenolic constituents in 17 varieties of cowpeas. *J. Agric. Food Chem.* 51: 1623-1627 (2003)
24. Bunzel M, Allerdings E, Sinwell V, Ralph J, Steinhart H. Cell wall hydroxycinnamates in wild rice (*Zizania aquatica* L.) insoluble dietary fibre. *Eur. Food Res. Technol.* 214: 482-488 (2002)
25. Tian S, Nakamura K, Kayahara H. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *J. Agric. Food Chem.* 52: 4808-4813 (2004)
26. Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. The distribution of phenolic acids in rice. *Food Chem.* 87: 401-406 (2004)
27. Kim IH, Chun HS. Composition of fatty acid and phenolic acid in rice with different milling fractions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 721-726 (1996)
28. Andreason MF, Christenson LP, Meyer AS, Hansen A. Release of hydroxycinnamic acid hydroxybenzoic acid in rye by commercial cell wall degrading enzyme preparations. *J. Sci. Food Agric.* 79: 411-413 (1999)
29. AOAC. Official Methods of Analysis Intl. 15th ed. Method 985.01. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
30. Sowbhagya CM, Bhattacharya KR. Changes in pasting behavior of rice during ageing. *J. Cereal Sci.* 34: 115-124 (2001)
31. Shinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *Am. J. Enol. Vitic.* 29: 49-55 (1977)
32. Kim YS, Lee NY, Hwang CS, Yu MJ, Back KH, Shin DH. Changes of physicochemical characteristics of rice milled by newly designed abrasive milling machine. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 152-157 (2004)
33. Champagne ET, Marshall WE, Goynes WR. Effects of degree of milling and lipid removal on starch gelatinization in the brown rice kernel. *Cereal Chem.* 67: 570-574 (1990)
34. Yoon SH, Kim SK. Physicochemical properties of rice differing in milling degrees. *Food Sci. Biotechnol.* 13: 57-62(2004)
35. Perdon AA, Siebenmorgen TJ, Mauromoustakos A, Griffin VK, Johnson ER. Degree of milling effects on rice properties. *Cereal Chem.* 78: 205-209 (2001)
36. Park JK, Kim SS, Kim KO. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Cereal Chem.* 78: 151-156 (2001)

---

(2004년 9월 22일 접수; 2004년 11월 25일 채택)