

## Comparison of the organic acids, fusel oil contents and antioxidant activities of *Yakju* with the additions of various rice cultivars

Chang-Ki Huh<sup>1</sup>, Jung-Won Lee<sup>2</sup>, Yong-Doo Kim<sup>2</sup> \*

<sup>1</sup>*Insil Institute of Cheese Science, Insil 566-700, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 566-881, Korea*

### 쌀 품종별 약주의 유기산, fusel oil 함량 및 항산화활성 비교

허창기<sup>1</sup> · 이중원<sup>2</sup> · 김용두<sup>2</sup> \*

<sup>1</sup>(재)임실치즈과학연구소, <sup>2</sup>순천대학교 식품공학과

#### Abstract

The organic acids, fuel oil contents and antioxidant activities of *Yakju* with the addition of rice varieties were investigated. The rice cultivars that were used in this study were Ilmi rice, Hopyung rice, Hopum rice, Hanarum rice, Anda rice and Indica rice. The study results are as follows: the pH values of Ilmi *Yakju* and Hanarum *Yakju* were 4.14 and 4.07, respectively, and those of the other *Yakjus*, 3.92~3.98. The total titratable acid content of the *Yakju* for which Indica rice was imported from Thailand was highest among the samples. The reducing sugars content of the *Yakju* for which Indica rice was used was higher than that of the other samples. The ethanol content of the Hanarum *Yakju* was higher than that of the other *Yakjus*, and the lowest ethanol content was found for the Indica *Yakju*. The major organic acid component of the *Yakju* was lactic acid. The total organic acid content was highest in the Indica rice *Yakju*. The amounts of the following main fusel oils were highest, in the following order: 2-butyl alcohol, 2-pentanol, N-propyl alcohol, acetaldehyde, ethyl acetate, methyl alcohol and 2-methyl-1-propyl alcohol. The DPPH free radical scavenging activity of the Indica rice *Yakju* was much higher than that of the Ilmi rice *Yakju* and the Hanarum rice *Yakju*. Also, the SOD activity of the Indica rice *Yakju* was strongest among all the samples. The total polyphenol content of the Indica rice *Yakju* was the highest among all the samples.

Key words : rice, *Yakju*, organic acid, fusel oil, antioxidant activity

#### 서 론

식물분류학적으로 벼는 화본과(禾本科) 벼속 식물로서 *Oryza sativa* LINNE(아시아벼)와 *Oryza glaberrima* STEUDEL(아프리카 벼) 두 종류로 구분되고, 전 세계 인구의 60% 이상이 소비하며, 그 가운데 40% 이상이 주식으로 이용하고 있다(1,2). 쌀의 미강과 쌀베아에 함유된  $\gamma$ -oryzanol은 지용성 유효성분인 성장 촉진 물질로서 산화방지와 항암 효과가 있는 것으로 밝혀졌고, 미강유에 함유되어 있으며 vitamin E에 속하는 tocotrienol과 페놀 화합물에 속하는 ferulic acid도 항산화능이 있는 것으로 보고되었다(3,4). 또한, 쌀은 콜레스테롤 저하효과, 혈압 및 당뇨 조절

효과, 암 예방 및 과산화지질 생성 억제 효과 등이 있는 것으로 밝혀지고 있어 기능성 식품으로 주목을 받고 있다(5). 밀가루에 함유된 글루텐은 소화 장애 및 아토피성 질환의 원인 단백질이지만, 쌀 단백질은 아토피성 질환을 유발시키지 않는 것으로 알려져 있어 우수한 건강 기능성 식품 소재로서 활용이 가능하다(6). 우리나라 전통주인 약·탁주는 최근 한국 문화의 세계화 추세와 한류의 영향으로 국내 외적으로 관심이 높아지고 있다. 약·탁주는 vitamin B군을 비롯하여 필수아미노산인 lysine, leucine, glutamic acid, proline 및 glutathione 등을 함유하여 영양가가 높고, 식감의 산미, 갈증해소 및 신진대사를 원활히 하는 효과가 있는 유기산 함유량도 높은 것으로 알려져 있다(7,8). 이와 같이 우리나라 약·탁주는 쌀을 주원료로 사용하는 우수한 전통 발효식품임에도 불구하고 과거 식량정책으로 인하여 약·

\*Corresponding author. E-mail : kyd4218@sunchon.ac.kr  
Phone : 82-61-750-3256, Fax : 82-61-750-3208

탁주 제조의 주재료가 밀가루나 옥수수전분으로 대체되어 대표적인 주류로 인정받지 못했다. 하지만 1980년대 후반부터 우리나라 전통문화를 전수·보전하며 외국인 관광객에게 우리의 전통 술을 알리기 위하여 관련 법조항이 개정되었고, 그로 인하여 쌀을 주원료로 하는 약·탁주를 제조할 수 있게 되었으며, 2000년도부터 약·탁주 제조장 수도 꾸준히 증가하고 있다(9). 현재 국내 약·탁주와 관련된 연구는 발효미생물 및 공정개발에 관련된 연구에만 치우쳐 있고, 과거 식량정책으로 인하여 쌀을 원료로 한 전통주 개발과 발효적성 탐색 등은 미진한 실정이다. 최근 한약재나 약용식물을 첨가한 전통약주 개발은 활발하게 이루어지고 있으나, 쌀을 100% 주재료로 제조한 전통주의 생리활성 및 기능성에 대한 과학적인 연구는 매우 부족하다. 따라서 본 연구는 건강 기능성 식품으로 가치가 높은 쌀을 원료로 한 전통주의 특성을 파악하고자 쌀 품종별 약주의 이화학적 특성, DPPH radical 소거활성 및 SOD 유사활성 등의 항산화 활성을 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 사용균주

본 실험에 사용한 쌀(*Oryza sativa* L.)의 품종은 멥쌀 일반계통 3종, 멥쌀 통일계통 2종 및 태국산 쌀을 사용하였다. 시료로 사용된 멥쌀 일반계통인 일미벼, 호평벼, 호품벼와 멥쌀 통일계통인 한아름벼는 2010년 수확한 것을 전남농업기술원에서 공급받았고, 멥쌀 통일계통의 안다(2010년산) 및 태국산 쌀(2010년 수입쌀, 안남미)은 전남대학교 식품영양학과에서 보관 중인 것을 공급받아 사용하였다. 누룩 제조용 통밀은 2009년 수확한 보성농업협동조합제품을 분쇄하여 사용하였고, 누룩 제조에 활용된 곰팡이 *Rhizopus japonicus* KCCM 11604와 효모 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11306은 한국미생물보존센터에서 분양 받아 사용하였다.

### Seed Koji 제조

Seed Koji 제조는 *R. japonicus* KCCM 11604 곰팡이를 멸균 생리식염수(0.85% NaCl) 10 mL가 들어있는 시험관에 첨가하여 150 rpm으로 10분간 진탕시킨 후 이를 PDA배지에 도말하여 28°C에서 3일간 배양시켰다. 통밀은 거칠게 분쇄하여 정제수 30%를 첨가하고 잘 혼합한 후 110°C에서 15분간 고압증기살균한 다음, 배양시킨 곰팡이를 접종하고 28°C에서 3일간 배양시켜 seed Koji를 제조하였다.

### 누룩 제조

누룩의 제조는 So (10)의 방법을 참고하여 제조하였다. 즉, 분쇄한 통밀(2009년산, 보성농업협동조합)에 정제수

30%를 가하여 110°C에서 15분간 고압증기살균하고, seed Koji로 제조된 *R. japonicus* KCCM 11604를 단독 접종하여 성형 없이 30°C에서 24시간 1차 배양하였다. 성형한 후 30°C, 습도 85%에서 48시간 2차 배양한 다음 30°C에서 수분함량이 10% 내외가 되게 건조시켰다.

### 주모 제조

쌀 품종에 따른 주모 제조는 품종별 쌀 500 g을 세척하여 5시간 물에 침지하고, 2시간 물 빼기를 한 후 분쇄하여 물 750 mL를 첨가하고 약한 불에서 죽으로 제조하였다. 제조된 죽을 실온까지 냉각하고 *R. japonicus* KCCM 11604 누룩 100 g, 주모 총량에 대한 젖산(대정, 92%) 0.5%와 전 배양한 효모액 *S. cerevisiae* KCCM 11306 50 mL를 첨가하여 주모를 제조하였다. 주모는 23°C에서 5일간 발효시켰다.

### 약주 제조

1단 담금은 품종별 쌀 2 kg을 수세하여 5시간 물에 침지하고, 2시간 물 빼기 후 1시간 동안 증자하고 30°C로 냉각하여, *R. japonicus* KCCM 11604 누룩 400 g, 물 3 L와 함께 제조된 주모에 투입해 23~25°C를 유지하면서 3일간 발효시켰다. 2단 담금은 품종별 쌀 10 kg을 1단 담금시 쌀 전처리 방법과 동일하게 처리해 증자하고, 냉각하여 물 15 L와 함께 1단 담금된 술에 투입해 23~25°C를 유지하여 8일간 발효시켰다.

### pH, 총산, 환원당 및 에탄올 함량 측정

pH는 술덧 여액 20 mL를 취하여 pH meter(Orion 940, USA)로 측정하였고, 총산 함량은 Huh (11)의 방법에 따라 시료를 원심분리하여 상등액 10 mL를 취해 0.1 N NaOH 용액으로 적정된 후 0.009를 곱하여 lactic acid로 환산하였다. 환원당 함량 변화는 시료를 10 mL를 Somogyi변법 (12)에 의해 정량하여 glucose 함량으로 표시하였다. 에탄올 함량은 술덧을 여과하여 여액 1 µL를 GC에 주입하였으며 외부 표준법으로 계산하였다. GC분석조건은 Carbowax B/5% Carbowax 20 M 3 M(L)×4 mm(φ)을 사용하여 오븐온도는 60°C에서 150°C까지 5°C/min속도로 상승시켰고 주입기와 검출기의 온도는 각각 220°C와 250°C, carrier gas는 N<sub>2</sub>를 사용하였다.

### 유기산 및 Fusel oil 분석

유기산은 Gancedo와 Luh(13)의 방법에 따라 시료를 전처리하여 HPLC(Waters M510, Waters Co., Milford, MA, USA)로 분석하였고, column은 organic acid column(ID 4.6 × 250 mm, Alltech Co., USA)를 사용하였으며, mobile phase는 0.2 mM potassium dihydrogen phosphate buffer KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, flow rate는 1.0 mL/min, detector는 UV detector(UV 486, Waters Co., Milford, MA, USA)를 사용하였다. Fusel oil은

표준물질 15종을 각각 10 ppm이 되도록 하였고, 발효중인 술덧을 여과하여 여액 1  $\mu$ L를 GC에 주입하였으며 외부 표준법으로 계산하였다. GC 분석조건은 Ultra-2 capillary column(Hewlett Packard Co., 19091B-015, Santa Maria, California, USA)을 사용하여 오븐온도 40°C에서 200°C까지 8°C/min의 속도로 상승 시켰고 주입기와 검출기의 온도는 각각 220°C와 250°C, carrier gas는 N<sub>2</sub>를 사용하여 분석하였다.

#### DPPH free radical 소거작용

쌀 품종에 따른 약주의 전자 공여능 측정은 Abe 등(14), Yamachuchi 등(15) 및 Blois(16)의 방법에 따라 각 추출물의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 즉, 일정 농도의 시료 2 mL에  $2 \times 10^{-4}$  M DPPH용액(dissolved in 99% methanol)을 1 mL가하고, vortex mixing하여 37°C에서 30분간 반응시켰다. 이 반응액을 흡수분광도계를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 electron donating ability(EDA%)로 측정하여 IC<sub>50</sub>으로 정리하였으며, 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균과 표준편차로 나타내었다.

#### SOD 유사 활성

쌀 품종에 따른 약주의 SOD(Superoxide dismutase) 유사 활성은 Marklund 등(17)의 방법에 따라 시료 20  $\mu$ L에 20  $\mu$ L의 증류수를 첨가한 후, WST(water soluble tetrazolium salt) 용액을 각각의 tube에 첨가하여 10초간 혼합시키고 37°C에서 20분간 반응시킨 후, micro reader 파장 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성 계산은 아래 식을 이용하였다.

$$\text{SOD-like Activity (inhibition rate \%)} = \frac{(\text{A blank 1} - \text{A blank 3}) - (\text{A sample} - \text{A blank 2})}{(\text{A blank 1} - \text{A blank 3})} \times 100$$

#### Total polyphenol 함량 측정

쌀 품종에 따른 약주의 total polyphenol 함량은 시료 10 g을 취해 70% methanol 50 mL로 환류 추출한 후 Folin-Denis 법(18)에 따라 정량하였다. 즉, 추출물을 희석한 검액에 Folin시약 2 mL를 첨가하고 3분후에 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 mL를 가해 혼합하여 발색시켰다. 1시간 후에 발색된 색을 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질 tannin acid를 기준으로 환산하였다.

#### 통계처리 방법

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 SPSS(19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계분석 프로그램을 이용하여 각 실험군간 평균치와 표준편차를 계산하였다.

## 결과 및 고찰

### pH, 총산, 환원당 및 ethanol 함량

쌀 품종에 따른 약주의 pH, 총산, 환원당 및 ethanol 함량 측정 결과는 Table 1과 같다. pH는 일미벼와 한아름벼로 담금한 약주의 pH가 4.14와 4.07로 다른 시료구에 비해 높았고, 그 외 시료구는 3.92~3.98이었다. So 등(19)은 약주의 발효기간 동안 pH가 4 이하로 유지되면 안정한 상태로 정상적인 발효 과정을 거친 것으로 평가할 수 있다고 보고하였는데, 본 연구에서도 시료구 4개의 pH가 4이하로 유지되었고, 시료구 2개는 pH 4에서 크게 벗어나지 않아 본 연구에서 제조한 약주는 정상적인 발효 과정을 거친 것으로 판단된다. 총산 함량은 태국산쌀의 인디카 품종으로 담금한 약주의 총산 함량이 0.56%로 가장 높았다. 총산 함량이 높은 것은 발효력이 약하여 산을 생성하는 미생물 생육이 활성화 되어 총산 함량이 증가하는 것으로 보고되어 있다(20). 환원당 함량은 국내산 일반계통 품종과 통일계통 품종은 2.12~2.59%로 비슷하였으나, 태국산 인디카 품종은 3.59%로 다른 시료구에 비해 다소 높았다. Jun(21)이 발표한 수입쌀과 국산쌀로 제조한 약주의 환원당 함량 변화를 보면 태국산 쌀로 제조한 약주가 다른 시료구에 비해 가장 적은 함량을 보고하여 본 연구와 차이를 보였다. Ethanol 함량은 통일계 품종인 한아름벼를 이용해 담금한 약주가 19.14%로 가장 높았고, 일반계 품종인 일미벼, 호평벼, 호품벼 및 통일계 품종인 안다벼를 이용해 담금한 약주는 16.51~17.64%로 비슷하였으며, 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주는 13.97%로 가장 낮았다, Jun(21)은 수입쌀과 국산쌀로 담금한 약주의 에탄올 함량에서 태국산 쌀로 담금한 약주의 에탄올 함량이 다른 시료구에 비해 가장 낮다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과이었다.

**Table 1. Physicochemical properties in *Yakju* made with various rice cultivars**

Yakju	pH	Total titratable acid (lactate %)	Reducing sugar (glucose %)	Ethanol (%)
IM-Y <sup>1)</sup>	4.14±0.23 <sup>2,3)b</sup>	0.51±0.02 <sup>a</sup>	2.36±0.35 <sup>a</sup>	16.51±0.82 <sup>bc</sup>
HP-Y	3.97±0.25 <sup>a</sup>	0.54±0.03 <sup>ab</sup>	2.31±0.38 <sup>a</sup>	17.63±0.55 <sup>c</sup>
HPU-Y	3.92±0.16 <sup>a</sup>	0.55±0.02 <sup>b</sup>	2.12±0.25 <sup>a</sup>	17.64±0.69 <sup>c</sup>
HAR-Y	4.07±0.33 <sup>b</sup>	0.51±0.01 <sup>a</sup>	2.52±0.36 <sup>a</sup>	19.14±1.36 <sup>d</sup>
AD-Y	3.98±0.28 <sup>a</sup>	0.53±0.02 <sup>ab</sup>	2.59±0.35 <sup>a</sup>	17.42±0.66 <sup>c</sup>
IDC-Y	3.97±0.28 <sup>a</sup>	0.56±0.03 <sup>b</sup>	3.59±0.45 <sup>b</sup>	13.97±0.51 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>IM-Y : *Yakju* made with Ilmi rice, HP-Y : *Yakju* made with Hopyung rice, HPU-Y : *Yakju* made with Hopum rice, HAR-Y : *Yakju* made with Hanarum rice, AD-Y : *Yakju* made with Anda rice, IDC-Y : *Yakju* made with Indica rice

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript within a same columns are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. a<b<c<d.

### 유기산 함량

쌀 품종에 따른 약주의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 총 유기산 함량은 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주가 3,491.8 mg%로 가장 높아서 쌀 품종별 약주의 총산 함량 측정 결과(Table 1)에서 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주가 국내산 쌀로 담금한 약주 보다 높았던 결과와 일치하였다. 국내산 일반계통 쌀 품종과 통일계통 쌀 품종의 유기산 함량은 국내산 통일계 품종인 한아름벼와 안다벼로 담금한 약주가 2,771.74 mg%와 2,970.93 mg%로 국내산 일반계 품종인 일미벼, 호평벼 및 호품벼로 담금한 약주의 2,576.45 mg%, 2,471.76 mg% 및 2,414.64 mg%보다 높았다. 유기산 종류에 따른 함량은 lactic acid가 검출된 5종의 유기산류 중 51~66%를 차지해 가장 높은 비율을 보였고, succinic acid, tartaric acid, citric acid 및 acetic acid가 검출되었다. Acetic acid의 경우 국내산 품종으로 담금한 약주는 lactic acid, succinic acid, tartaric acid 및 citric acid에 비해 가장 낮았으나, 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주는 tartaric acid, citric acid 보다 높았다. Acetic acid는 술의 산미를 내는 중요한 성분(22)이기도 하지만 술의 산패 원인균인 초산균에 의해 생성되는 성분(23)이기도 하여 일정량 보다 높은 함량은 오히려 술맛을 저해할 수 있다. 인디카 품종으로 담금한 약주는 국내산 품종별 약주 보다 acetic acid의 함량이 높아 술맛이 저해될 것으로 판단된다.

를 높이는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(24). 총 15종의 fusel oil 표준품과 비교해 검출된 성분은 acetaldehyde, methyl alcohol, ethyl acetate, N-propyl alcohol, 2-butyl alcohol, 2-methyl 1 propyl alcohol 및 2-pentanol로 7종이 검출되었다. Fusel oil 중 가장 높은 함량을 나타낸 것은 2-butyl alcohol이었고, 다음으로 2-pentanol, N-propyl alcohol, acetaldehyde, ethyl acetate, methyl alcohol 및 2-methyl 1 propyl alcohol 순이었다. 검출된 fusel oil 중 가장 많은 함량을 보인 2-butyl alcohol은 향미의 주성분인 ethyl alcohol과 유사한 향을 내는 물질로 보고되어 있다(24). N-propyl alcohol은 중국 주류인 마오타이주에 많이 검출된 성분으로 알려져 있고(24), acetaldehyde는 발효과정 중 ethyl alcohol의 효모에 의한 산화나 아미노산으로부터 탈 amino, 탈 carboxyl기에 의해 생성 되는 것으로 산화적스트레스에 의한 세포손상과 숙취증상의 주요 원인 물질로 알려져 있다(25).

### DPPH free radical 소거활성

쌀 품종을 달리하여 제조한 약주 6종에 대하여 DPPH free radical 소거활성 측정하여 시료들의 항산화 활성을 확인하였으며, IC<sub>50</sub> 값으로 정리한 결과는 Table 4와 같다. 시료별 DPPH free radical 소거활성은 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주에서 소거능이 높았으며 일미벼와 한

Table 2. The contents of organic acid in *Yakju* made with various rice cultivars

Organic acids	IM-Y <sup>1)</sup>	HP-Y	HPU-Y	HAR-Y	AD-Y	IDC-Y
Succinic acid	338.55±1.98 <sup>2,3a)</sup>	313.84±0.07 <sup>a)</sup>	336.70±1.09 <sup>a)</sup>	583.83±5.40 <sup>b)</sup>	589.51±11.70 <sup>b)</sup>	981.73±30.56 <sup>c)</sup>
Tartaric acid	250.55±1.56 <sup>bc)</sup>	258.34±0.42 <sup>cd)</sup>	245.02±1.09 <sup>b)</sup>	280.43±1.42 <sup>e)</sup>	264.51±10.25 <sup>d)</sup>	214.20±6.88 <sup>a)</sup>
Citric acid	167.66±6.9 <sup>b)</sup>	180.95±0.71 <sup>c)</sup>	146.49±7.64 <sup>a)</sup>	205.86±8.46 <sup>d)</sup>	217.93±1.31 <sup>e)</sup>	217.80±1.52 <sup>c)</sup>
Lactic acid	1,708.56±68.30 <sup>b)</sup>	1,594.09±35.53 <sup>a)</sup>	1,580.26±13.96 <sup>a)</sup>	1,602.59±12.10 <sup>a)</sup>	1,803.63±35.74 <sup>bc)</sup>	1,766.77±16.46 <sup>b)</sup>
Acetic acid	111.13±2.52 <sup>c)</sup>	124.54±6.35 <sup>d)</sup>	106.17±0.13 <sup>bc)</sup>	99.03±1.43 <sup>ab)</sup>	95.35±1.03 <sup>a)</sup>	311.30±9.82 <sup>e)</sup>
Total	2,465.32	2,347.22	2,308.47	2,672.71	2,875.58	3,180.5

<sup>1)</sup>Symbols are referred to Table 1.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript within a same rows are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. a<b<c<d<e.

### Fusel oil 함량

쌀 품종에 따른 약주의 fusel oil을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 쌀 품종에 따른 fusel oil 총량을 보면 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주가 1,270.35 mg/L로 가장 높은 함량을 보였고, 국내산 품종으로 담금한 약주의 경우는 통일계 품종인 한아름벼와 안다벼로 담금한 약주가 1,019.24 mg/L과 1,031.59 mg/L로 일반계 품종인 일미벼, 호평벼 및 호품벼로 담금한 약주의 1,039.92~1,069.52 mg/L보다 낮게 나타났다. 술에 함유된 fusel oil 들은 향미가 나빠지고 숙취의 원인이 알려져 있지만, 일부 fusel oil은 향에 대한 선호도

아름벼로 담금한 약주는 상대적으로 소거능이 약하였다. 본 실험의 IC<sub>50</sub>을 살펴보면 인디카 품종으로 담금한 약주 26.04 µm/mL, 호품벼로 담금한 약주 44.64 µm/mL, 호평벼로 담금한 약주 53.12 µm/mL, 안다벼로 담금한 약주 54.93 µm/mL, 한아름벼로 담금한 약주 60.73 µm/mL 및 일미벼로 담금한 약주 62.31 µm/mL 순으로 낮았다. 쌀과 함께 곡류로 활용비중이 높은 보리의 품종별 항산화력을 비교한 연구결과(26)에서도 품종에 따라 항산화 활성 차이가 나타났다고 보고된 바 있다. 본 연구 결과도 쌀 품종에 따른 항산화 활성 차이가 일부 나타났으며, 인디카 품종을 이용한 약주

**Table 3. The contents of fusel oils in *Yakju* made with various rice cultivars**

Sample <sup>1)</sup>	Fusel oil (mg/L)						
	Acet aldehyde	Methyl alcohol	Ethyl acetate	N-Propyl alcohol	2-Butyl alcohol	2-Methyl 1 propyl alcohol	2-Pentanol
IM-Y	16.67±1.85 <sup>2,3)a</sup>	0.56±0.01 <sup>a</sup>	1.25±0.01 <sup>a</sup>	132.76±2.38 <sup>b</sup>	755.39±5.15 <sup>b</sup>	0.34±0.02 <sup>b</sup>	162.55±2.94 <sup>b</sup>
HP-Y	17.52±2.10 <sup>ab</sup>	0.62±0.04 <sup>b</sup>	1.33±0.02 <sup>b</sup>	125.06±3.55 <sup>a</sup>	811.28±12.53 <sup>c</sup>	0.27±0.03 <sup>a</sup>	184.90±1.08 <sup>c</sup>
HPU-Y	18.56±0.36 <sup>ab</sup>	0.65±0.02 <sup>bc</sup>	1.52±0.03 <sup>d</sup>	137.19±1.41 <sup>b</sup>	686.35±1.14 <sup>a</sup>	0.61±0.03 <sup>d</sup>	195.04±0.75 <sup>d</sup>
HAR-Y	18.92±0.85 <sup>ab</sup>	0.86±0.02 <sup>d</sup>	1.43±0.03 <sup>c</sup>	156.56±3.01 <sup>d</sup>	694.72±0.08 <sup>a</sup>	0.66±0.01 <sup>c</sup>	158.44±0.94 <sup>a</sup>
AD-Y	18.56±0.95 <sup>ab</sup>	0.68±0.02 <sup>c</sup>	1.35±0.02 <sup>b</sup>	142.73±1.26 <sup>c</sup>	691.54±0.10 <sup>a</sup>	0.37±0.02 <sup>b</sup>	164.01±1.39 <sup>b</sup>
IDC-Y	20.14±1.90 <sup>b</sup>	0.83±0.01 <sup>d</sup>	1.44±0.01 <sup>c</sup>	153.47±4.51 <sup>d</sup>	851.02±4.84 <sup>d</sup>	0.54±0.02 <sup>c</sup>	242.91±1.35 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Symbols are referred to Table 1.<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).<sup>3)</sup>Means with different superscript within a same columns are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. a<b<c<d<e.**Table 4. Scavenging effects of *Yakju* made with various rice cultivars on DPPH radical**

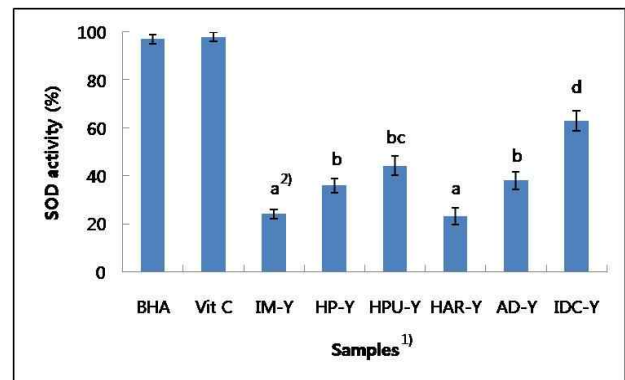
Sample <sup>1)</sup>	IC <sub>50</sub> (μg/mL) <sup>2)</sup>
BHA	5.15±0.02 <sup>3)</sup>
Vitamin C	2.59±0.01
IM-Y	62.31±2.92
HP-Y	53.12±0.14
HPU-Y	44.64±3.22
HAR-Y	60.73±1.06
AD-Y	54.93±2.82
IDC-Y	26.04±0.06

<sup>1)</sup>Symbols are referred to Table 1.<sup>2)</sup>Inhibitory activity was expressed as the mean of 50% inhibitory concentration of triplicate determinations, obtained by interpolation of concentration-inhibition curve.<sup>3)</sup>All values are mean±SD (n=3).

의 항산화 활성이 일반계 쌀품종을 이용한 약주보다 더 높음을 확인하였다.

### SOD 유사활성

쌀 품종을 달리하여 제조한 약주의 SOD 유사활성은 Fig. 1과 같다. 쌀 품종별로는 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주의 SOD 유사활성이 60.10%로 가장 높았으며, 호품벼로 담금한 약주 43.14%, 안다벼로 담금한 약주 36.12%, 호평벼로 담금한 약주 34.71% 순으로 활성이 높았다. 한아름벼와 일미벼로 담금한 약주는 각각 21.6%와 23.1%의 활성을 보여 다른 시험구들에 비하여 SOD 유사활성이 낮았다. SOD는 hydrogen ion과 superoxide radical이 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 전환되는 반응을 빠르게 하며, 이때 생성된 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 catalase, GSH-Px에 의해 O<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 분해됨으로써 superoxide radical과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에 의한 조직손상을 방어한다(27). SOD 유사활성이 양호하게 나타난 태국산 인디카 품종, 호품벼 및 호평벼로 담금한 약주의 경우 기능적 측면에서 항산화 효과가 인정되었다.

**Fig. 1. The effects of SOD activity on *Yakju* made with various rice cultivars.**<sup>1)</sup>Symbols are referred to Table 1.<sup>2)</sup>Same alphabetical letters indicate no significant difference at 5% level of DMRT (d>c>b>a).

### Total polyphenol 함량

폴리페놀화합물 중 flavonoid는 <sup>1</sup>O<sub>2</sub>나 O<sup>2</sup>와 반응하여 안정한 complex를 형성하고 이를 소거하여 지질과산화물 방지하기 때문에 페놀함량과 항산화 활성은 일정한 상관관계를 갖는다고 할 수 있다(28). 쌀 품종에 따른 약주의 total polyphenol 함량 측정 결과는 Table 5와 같다. 시료구별 함량을 보면 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주가 23.35 mg%로 국내산 품종으로 담금한 약주에 비해 약간 높았다. 국내산 쌀 품종별 약주의 total polyphenol 함량은 일반계통의 품종인 일미벼, 호평벼 및 호품벼로 담금한 약주가 19.03 mg%, 17.30 mg% 및 18.19 mg%로 통일계통의 품종인 한아름벼 및 안다벼로 담금한 약주의 15.96 mg% 및 16.38 mg%에 비해 높았으나 차이는 크지 않았다. Kwang(29)은 흑미를 사용해 담금한 약주의 total polyphenol 함량을 측정된 결과 40.15 mg%였다고 보고하여 본 연구 결과와 차이를 보였지만 이러한 결과는 양조 원료(백미, 흑미) 차이에 의해 발생한 결과로 판단된다. Kim(30)은 녹차를 첨가하여 제조한 와인의 total polyphenol 함량이 23.49 mg%로 보고하여 본

연구에서 제조한 약주와 비슷하였다. 다양한 천연물들에 함유되어 있는 페놀성 물질은 hydroxyl 기를 포함하고 있어 단백질 또는 효소, 기타 거대 분자들과 결합하는 성질을 가진다. 이러한 성질은 미생물의 세포에 작용하여 성장저해를 유발시켜 항미생물활성을 보여주며, 항산화효과로 이어지기도 한다고 하였으며(31,32), 페놀화합물은 항염증, 항암, 항심혈관계질환 등 다양한 기능을 가지고 있으며 이는 항산화활성과 관계가 있다고 하였다(33). Guo 등(33)의 연구에서는 약용식물 16종의 total polyphenol 함량과 항산화활성을 비교하였는 바, total polyphenol 함량과 항산화활성간에는 양적인 상관관계를 보였다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 total polyphenol 함량과 항산화활성이 태국산 인디카 품종에서 두드러지게 나타났고, 다른 시험구들에서도 total polyphenol 함량과 항산화 활성과의 관계가 일부 같은 결과를 보이고 있다.

**Table 5. The contents of total polyphenol in *Yakju* made with various rice cultivars**

Samples <sup>1)</sup>	Total polyphenol (mg%)
IM-Y	19.03±1.42 <sup>2)(3)</sup>
HP-Y	17.30±0.37 <sup>ab</sup>
HPU-Y	18.19±0.58 <sup>bc</sup>
HAR-Y	15.96±0.39 <sup>d</sup>
AD-Y	16.38±0.52 <sup>d</sup>
IDC-Y	23.35±1.07 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Symbols are referred to Table 1.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript within a column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test. a<b<c<d<e.

## 요 약

쌀을 원료로한 전통주의 우수성을 밝히고자 일반계통 3종, 통일계통 2종 및 태국산 인디카 품종 1종 등 총 6종에 대한 약주의 이화학적 특성과 DPPH radical 소거활성 및 SOD 유사활성 등 항산화활성을 측정하였다. 쌀 품종에 따른 약주의 시료구별 pH는 일미벼와 한아름벼로 담금한 약주의 pH가 4.14와 4.07로 다른 시료구에 비해 높았고, 그 외 시료구는 3.92~3.98이었다. 총산 함량은 태국산 쌀의 인디카 품종으로 담금한 약주의 총산 함량이 0.56%로 가장 높았다. 환원당 함량은 국내산 일반계통 품종과 통일계통 품종은 2.12~2.59%로 비슷하였으나, 태국산 인디카 품종은 3.59%로 다른 시료구에 비해 다소 높았다. Ethanol 함량은 통일계 품종인 한아름벼를 이용해 담금한 약주가 19.14%로 가장 높았고, 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주는 13.97%로 가장 낮았다. 유기산 함량은 태국산 인디

카 품종으로 담금한 약주가 3,491.8 mg%로 가장 높았으며, 주요 유기산은 lactic acid였다. 쌀 품종에 따른 fusel oil 총량을 보면 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주가 1,270.35 mg/L로 가장 높은 함량을 보였고, Fusel oil 류 중 2-butyl alcohol이 가장 많은 함량을 보였다. 시료별 DPPH free radical 소거능은 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주에서 소거능이 높았고, 일미벼 및 한아름벼로 담금한 약주는 상대적으로 약하였다. SOD 유사활성 또한 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주가 60.10%로 가장 높았으며, total polyphenol 함량 역시 태국산 인디카 품종으로 담금한 약주가 국내산 품종으로 담금한 약주에 비해 약간 높았다. 쌀 품종에 따른 약주의 항산화 활성을 비교한 결과 국내산 품종과 태국산 품종 모두에서 활성이 확인되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 및 전남농업기술원의 연구비 지원 (PJ0078892013)으로 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

## References

- Ikehashi H (2009) Why are there Indica type and Japonica type in rice? - History of the studies and a view for origin of two types. Rice Sci, 16, 1-13
- Stork CR, Silva LP, Fagundes CAA (2005) Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. J Food Comp Anal, 18, 333-341
- Lee JD, Lee YS, Cho YC, Kang CS, Park KY, Kim YH (2002) Plant breeding aspects of genomics : abstracts for poster presentation ; Development of cultivars and elite lines : Quantification of tocopherol and tocotrienol contents in brown rice by using a near infrared reflectance spectroscopy. Korean J breeding, 34, 71
- Kim YS, Park SR, Lee YS, Koh JH, Kim HS (2005) Determination of tocopherol and tocotrienol contents in rice cooked with various cereals. J Korean Soc Food Sci Nutr, 34, 1289-1292
- Jang YJ (2004) Screening of antioxidative activities for functional rice and effects of supplementation of functional rice on the cholesterol metabolism in high-cholesterol fed rats. MS Thesis. Kyungpook National University, Korea, p 5-7
- Ha TY (2008) Health functional properties of rice. J Korean Soc Food Sci Nutr, 13, 22-26

7. Lee GH (1994) Characteristic and new technology of Korean *Takju*. Korean J Appl Microbiol Bioeng, 7, 36-46
8. Jang JH (1989) The history of Korean alcohol, Korean J Dietary Culture, 4, 271-274
9. Kim JS, Ko SH, Lee WY, Kim GW (2004) Cytotoxic effects of Korean rice wine (*Yakju*) on cancer cells. Korean J Food Sci Technol, 36, 812-817
10. So MH (1999) Characteristics of a modified *Nuruk* made by inoculation of traditional *Nuruk* microorganisms. J Korean Soc Food Sci Nutr, 12, 219-225
11. Huh CK (2006) Effect of recipe for chestnut wine on fermentation and quality characteristics. MS Thesis. Sunchon National University, Korea, p 50-51
12. Hatakana C, Kobara Y (1989) Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson method. Agric Biol Chem, 44, 2943-2949
13. Gancedo MC, Luh BS (1986) HPLC analysis of organic acids and sugar in tomato juice. J Food Sci, 51, 571-580
14. Abe N, Nemoto A, Tsuchiya Y, Hojo H, Hirota A (2000). study of the 1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging mechanism for a 2-pyrone compound. Biosci Biotech Biochem, 64, 306-333
15. Yamachuchi T, Takamura H, Matoba T, Terao J (1998). HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by 1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. Biosci Biotech Biochem, 62, 1201-1204
16. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 26, 1199-1744
17. Marklund S, Marklund G (1974) Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. Eur J Biochem, 47, 467-474
18. Joslyn MA (1970) Methods in food analysis. Acad Press. NY, USA, p 710-711
19. So MH, Yu TJ (1993) The effect of medium-cooked rice on the production of Korean traditional *Yakju*. Korean J Food Nutr, 6, 189-198
20. Joung EJ, Paek NS, Kim YM (2004) Studies on Korean *Takju* using the by product of rice milling. Korean J Food Nutr, 17, 199-205
21. Jun HS (2007) A comparative study on quality characteristics of fermented wine made with imported and domestic rices. MS Thesis. Kyung Hee University, Korea, p 21-49
22. In HY, Lee TS, Lee DS, Noh BS (1995) Volatile components and fusel oils of Sojues and Mashers Brewed by Korean traditional method. Korean J Food Sci Technol, 27, 235-240
23. Lee MK, Lee SW, Yoon TH (1994) Quality assessment of Yakju brewed with conventional nuruk. J Korean Soc Food Sci Nutr, 23, 78-89
24. Jeon SY (1998) Screening of strains and zymological characteristics of millet wine and distilled liquor, a traditional wine in Cheju Island. MS Thesis. Cheju National University, Korea, p 40-43
25. Cha JY, Jung HJ, Jeong JJ, Yang HJ, Kim YT, Lee YS (2009) Effects of amino acids on the activities of alcohol metabolizing enzyme alcohol dehydrogenase (ADH) and acetaldehyde dehydrogenase (ALDH). J Life Sci, 19, 1321-1327
26. Song ES, Park SJ, Woo NRA, Won MH, Choi JS, Kim JG, Kang H (2005) Antioxidant capacity of colored barely extracts by varieties. J Korean Soc Food Sci Nutr, 34, 1491-1497
27. Chang NS, Ryu SM (2001) Antioxidative effects of green tea powder diet against ethanol-induced oxidative damage in rat brain region. Korean J Nutr, 34, 525-531
28. Boudet AM (2007) Evaluation and current status of research in phenolic compounds. Phytochem, 68, 2722-2735.
29. Kwang JY (2010) Development and quality feature of colored tradition wine fermented using black rice. MS Thesis. Dong-A University, Korea, p 27-28
30. Kim NS (2009) Fermentation characteristics of green tea-added wine. MS Thesis. Chonnam National University, Korea, p 58-60
31. Lee SH, Kang KM, Park HJ, Baek LM (2009) Physiological characteristics of medicinal plant for use functional materials in seasoning sauce for pork meat. Korean J Food Sci Technol, 41, 100-105
32. Park YJ, Park YS, Towantakavanit K, Park JO, Kim YM, Jung KJ, Cho JY, Lee KD, Heo BG (2009) Chemical components an biological activity of *Stauntonia hexaphylla*. Korean J Plant Res, 22, 403-411
33. Guo DJ, Cheng HL, Yu PH (2008) Antioxidative activities and total phenolic contents of tonic Chinese medicinal herbs. Inflammopharm, 16, 201-207