

## 유기산 전처리 후 수열처리가 왕겨 추출물의 항산화능에 미치는 영향

박선민 · 이승철<sup>†</sup>

경남대학교 식품생명학과

### Effect of Organic Acid Pre-Treatment followed by Hydrothermal Treatment on Antioxidant Activity of Rice Hull Extract

Sun-Min Park and Seung-Cheol Lee<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Gyeongnam 631-701, Korea

#### Abstract

Antioxidative effects of rice hull extracts pre-treatment with various organic acids were evaluated. After incubating rice hull in 50 mM of five different organic acid solutions (acetic, citric, lactic, phosphoric, and tartaric acid) for 18 hours at room temperature, hydrothermal treatment at 121°C for 30 min was carried out. Antioxidant activity of the rice hull extract was evaluated by determining total phenol contents (TPC), DPPH radical scavenging activity (RSA), reducing power (RP), and ABTS RSA. Pre-treatment with 50 mM phosphoric acid significantly increased TPC, DPPH RSA, and RP, while it decreased ABTS RSA. The effect of phosphoric acid concentration was also determined. TPC and DPPH RSA of rice hull extract increased with concentration of pre-treated phosphoric acid; in contrast, RP showed the reverse pattern. The results indicated that pre-treatment of rice hull with organic acid was very effective for increasing phenolic compounds and antioxidant activity of rice hull extract.

**Key words:** rice hull, organic acid, pre-treatment, total phenolic contents, antioxidant activity

#### 서 론

근래 들어 농산 가공 부산물 또는 산업 가공 잔류물 등의 미이용 자원들은 천연 항산화제의 중요한 소재로서 주목받고 있는데(1), 각종 과실의 씨나 외피 등이 주목받고 있다(2). 특히 외피 부위는 외부의 산화적 스트레스 등으로부터 내부를 보호하기 위해서 페놀계 화합물과 같은 내재 항산화물질이 많이 함유되어 있는 것으로 밝혀졌다(1,3). 가장 흔한 농산 가공 부산물인 왕겨는 우리나라의 주곡인 쌀의 외피로서 쌀의 도정과정에 발생하는데 쌀 생산량의 18~20%를 차지하며, 총 발생량을 기준으로 연간 100만톤 이상 생산되는 것으로 추정된다. 우리나라에서 뿐만 아니라 쌀은 전 세계에서 소비되는 열량의 20%를 공급하며 아시아, 아프리카, 미국의 10억 이상의 가정에서 쌀에 의존하며 살아가고 있다. 2004년 기준으로 세계 벼 생산량은 약 4억톤이며 이중 왕겨의 생산량은 0.8억톤에 달한다. 왕겨의 일반성분 중 가장 많은 함량을 보인 것은 섬유질이며, 이 섬유질 중 불용성 식이 섬유(insoluble dietary fiber)의 함량은 전체 중량의 70% 이상으로 나타나 왕겨는 불용성 식이섬유의 좋은 공급원이 될 수 있는 것으로 사료된다. 뿐만 아니라 Ramarathnam 등(4)은 isovitexin이 왕겨에서 강력한 항산화 능력을 보인다고

보고하였고, Wu 등(5)은 왕겨에 2.1~2.4%의 phytic acid가 존재하여 금속 킬레이트제로 작용한다고 보고하였다. 또한 왕겨에 anisole, vanillin, syringaldehyde 등의 다양한 항산화 물질이 존재한다고 보고되었다(6).

한편, 식물 기원의 저분자 항산화물질은 위산에서 잘 분해되지 않고 흡수율이 높으며 부작용이 없으므로 매우 유용하지만, 식물에서 반복적인 중합체의 상태로 존재하거나 또는 고분자 물질에 결합되어 있기 때문에 체 효력을 발휘할 수 없으며, 추출효율이 매우 낮다(7). 왕겨로부터 항산화력이 높은 추출물을 제조하기 위해 다양한 방법이 시도되었다. 원적외선을 조사한 경우 왕겨의 항산화물질이 유리화되어 다양한 폴리페놀 화합물이 용출되었고(8,9), 원적외선 처리된 왕겨로부터 추출한 천연 항산화물질은 육류의 산화 방지(10,11) 및 인간 임파구에서 산화적 스트레스에 의한 DNA 손상을 유의적으로 감소시킴에 있어 매우 뛰어난 효과(12)가 있는 것으로 확인되었다. 멸균기를 이용한 고온, 고압에서의 수열 처리도 왕겨 추출물의 항산화력을 증가시키는데 효과적이었다(13).

본 연구에서는 유기산을 이용하여 전처리를 한 후, 수열처리를 통해 왕겨 추출물의 항산화력을 증대시키고자 하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr  
Phone: 82-55-249-2684, Fax: 82-55-249-2995

## 재료 및 방법

### 왕겨 및 시약

본 실험에 사용한 왕겨는 경남 고성외의 정미소에서 구입하였으며, 4°C에서 저장하면서 사용하였다. 2,2'-Azino-(bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)(ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), tannic acid는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, Folin-Ciocalteu 시약은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. (Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 초산(99.5%), 구연산(99.5%), 젖산(90.0%), 인산(85.0%), 주석산(99.8%)은 대정이화학(시흥, 대한민국)에서 구입하였다. 그리고 sodium carbonate, methanol은 모두 일급 이상의 등급을 사용하였다.

### 산 처리 및 왕겨 추출물 제조

왕겨 10 g에 각각의 유기산 용액 100 mL을 가하여 18시간 동안 상온(21±5°C)에서 침지하여 산처리 한 후(9), 121°C에서 30분간 autoclave(Sanyo Co., Osaka, Japan)를 이용하여 열처리하였다. 각 반응물을 Whatman No. 1 여과지에 여과하여 왕겨 유기산 추출물을 제조하였고, 이후의 실험에 이용하였다(Fig. 1).

### 총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Gutfinger(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 왕겨 유기산 추출물 1 mL을 취하여 2%(w/v) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액 1 mL을 가하여 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL을 가하여 반응시켜 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 10분간 13,400×g에서 원심분리한 후, 상정액 1 mL을 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 tannic acid로 환산하여 μM 단위로 나타내었다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(15)의 방법에 준하여 각 왕겨 추출물 0.1 mL에 4.1×10<sup>-5</sup> M의 DPPH 용액 0.9 mL을 가한 후 상온에서 10분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

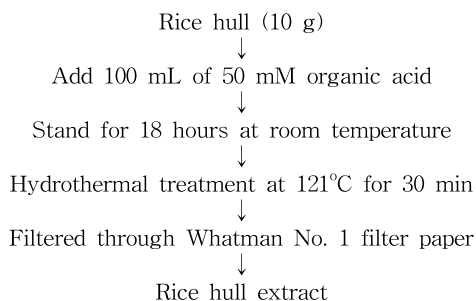


Fig. 1. Schematic procedure for preparation of rice hull extracts.

### 환원력

환원력은 Oyaizu의 방법(16)에 따라 측정하였으며, 항산화 물질에 대한 철 이온의 환원력을 측정하는 것이다. 즉, 1 mL의 인산염 완충 용액(0.2 M, pH 6.6)에 1 mL의 왕겨 추출물과 1%(w/v) potassium ferricyanide 용액 1 mL을 가하고 이 혼합물을 50°C에서 20분간 반응을 시킨 후, 10%(w/v) trichloroacetic acid 용액 1 mL을 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 12,000 rpm에서 원심분리 하여 얻은 상정액 1 mL과 증류수 1 mL을 넣고 0.1% 염화철 용액 0.1 mL을 가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 Muller(17)의 방법에 따라 측정하였다. 왕겨 추출물 0.1 mL에 0.1 M의 phosphate buffer(pH 5.0) 0.1 mL과 10 mM의 hydrogen peroxide 20 μL을 가하고 이 혼합물을 37°C에서 5분간 예비반응을 시켰다. 이 반응물에 1.25 mM의 ABTS와 peroxidase(1 U/mL)를 0.03 mL씩 넣고 다시 37°C에서 10분간 반응을 시킨 후, 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 통계처리

모든 측정은 3회 반복하여 행해졌으며, 그 결과는 SAS (Statistical Analysis System)를 이용하여 평균과 표준편차, Student-Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다(18).

## 결과 및 고찰

유기산 전처리가 왕겨 추출물의 항산화력에 미치는 영향

페놀 화합물은 식물의 2차 대사산물의 주요 물질로서, 수산기를 가지는 방향족 화합물을 총칭한다. 이들은 단순 페놀, 페닐프로파노이드, 벤조산 유도체, 플라보노이드, 타닌, 리그난 등의 다양한 종류로 대부분 식물에 존재한다. 페놀 화합물은 수산기를 통한 수소 공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의해 항산화 능력을 나타낸다(19). 왕겨의 경우에는 o-methyl cinnamic acid and p-coumaric acid, hydroxy cinnamic acids, ferulic acid 등의 페놀화합물들이 검출되었다(8).

본 연구에서는 유기산의 전처리가 왕겨 추출물의 항산화능에 미치는 영향을 조사하기 위해 왕겨를 5종류(초산, 구연산, 젖산, 인산, 주석산)의 50 mM 유기산 용액에 넣어 18시간 동안 전 처리한 후, 121°C에서 30분간 수열처리 하여 얻은 추출물의 항산화력을 비교한 결과를 Table 1에 나타내었다. 대조구로 유기산 용액 대신 증류수를 사용하였다. 총 페놀 함량(TPC, total phenolic contents)은 인산 용액으로 전 처리한 경우에 0.82 mg/mL로 가장 높았고, 초산 용액을 이용한 경우에는 0.42 mg/mL로서 증류수를 사용한 경우(0.62 mg/mL)보다 낮았다. 구연산, 젖산, 주석산을 전 처리한 경

Table 1. Effect of five kinds of organic acids on the antioxidant activity of rice hull extracts

	Water	Acetic acid	Citric acid	Lactic acid	Phosphoric acid	Tartaric acid
TPC (mg/mL)	0.44±0.01 <sup>e</sup>	0.42±0.02 <sup>c</sup>	0.68±0.02 <sup>c</sup>	0.53±0.03 <sup>d</sup>	0.82±0.02 <sup>a</sup>	0.75±0.01 <sup>b</sup>
DPPH RSA (%)	70.97±2.12 <sup>d</sup>	70.77±3.34 <sup>d</sup>	76.21±1.98 <sup>b</sup>	73.19±1.11 <sup>c</sup>	81.34±1.23 <sup>a</sup>	79.61±2.17 <sup>b</sup>
Reducing power (OD)	1.00±0.02 <sup>b</sup>	0.80±0.01 <sup>c</sup>	0.52±0.02 <sup>e</sup>	1.02±0.03 <sup>b</sup>	1.18±0.02 <sup>a</sup>	0.64±0.01 <sup>d</sup>
ABTS RSA (%)	88.98±1.93 <sup>a</sup>	70.28±2.65 <sup>b</sup>	55.98±2.54 <sup>d</sup>	64.03±3.12 <sup>c</sup>	66.77±1.13 <sup>bc</sup>	61.93±1.24 <sup>c</sup>

Ten gram of rice hull was pre-treated with 100 mL of 50 mM each organic acid for 18 hr at room temperature, then hydrothermal extraction at 121°C for 30 min was carried out. All measurements were done triplicate, and values are expressed as mean±SD. <sup>a-e</sup>Different letters within a row are significantly different ( $p<0.05$ ),  $n=3$ .

Abbreviations: DPPH RSA, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity; TPC, total phenolic contents; OD, optical density; and ABTS RSA, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) radical scavenging activity.

우는 각각 0.68, 0.53, 0.75 mg/mL의 총 페놀 함량을 나타내었다.

DPPH는 안정한 라디칼 물질로써 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며 보라색에서 무색으로 변한다. DPPH 라디칼을 이용하여 일정량의 시료 용액과의 반응에 의하여 DPPH 라디칼이 감소하는 정도를 분광광도계로 측정하여 시료의 항산화 활성을 측정하는 방법으로 이용할 수 있다(15). 왕겨 유래 각 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다. 대조구로서 증류수를 사용한 경우의 DPPH 라디칼 소거능은 70.97%이었으나, 인산과 주석산의 경우에는 각각 81.34%와 79.61%로 비교적 높게 측정되었고, 초산은 대조구인 증류수와 비슷한 70.77%의 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었고, 구연산과 젖산은 각각 76.21, 73.19%의 값을 보였다. 이 같은 결과는 총페놀 함량과 비슷한 경향을 나타내는데, 이는 페놀 화합물의 수소공여능이 DPPH 라디칼 소거능과 직접 관련이 있기 때문이다(20).

한편, 환원력은 항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력으로서 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있다. 환원력도 인산을 전 처리한 경우에 가장 높게 측정되었다(1.18). 증류수를 처리한 대조구가 1.00의 값을 나타내었으며, 초산, 구연산, 주석산은 각각 0.80, 0.52, 0.64의 값을 나타내어 왕겨 추출물의 항산화력을 증가시키는데 효과적이지 못하였다.

ABTS는 유리기들(hydroxyl, peroxy, alkoxy, inorganic radical)과 반응하여 안정한 ABTS<sup>+</sup>를 형성한다(21). ABTS는 DPPH와 같은 라디칼이지만 DPPH는 자유 라디칼이며 ABTS는 양이온 라디칼이라는 점에서 차이가 나며 항산화

물질에 따라 두 라디칼에 결합하여 제거하는 능력이 차이가 난다(22). ABTS 라디칼 소거능을 조사한 결과, 대조구인 증류수에서 가장 높은 값을 보였고(88.92%), 유기산을 전 처리한 경우에는 초산이 70.28%로 가장 높았으며 구연산이 55.98%로 가장 낮았다.

식물에 존재하는 페놀 화합물은 유리된 형태보다는 세포벽 다당류, 리그닌 등과 에스테르 결합되어 있거나(23) 중합체의 형태로 주로 존재한다(24). 왕겨에 존재하는 페놀 화합물은 원적외선에 의해 유리되었으며(8,9), 고온 고압의 수열처리에 의해서도 유리될 수 있었다(13). 한편, 향신료로 이용되는 바질, 월계수, 로즈마리, 세이지, 사보리, 백리향 등에 산처리(1.2 N HCl in 50% methanol)를 한 결과 전체적으로 페놀 함량이 증가함이 보고되었다(25). 본 연구에서도 대부분의 유기산의 전처리가 왕겨 추출물의 페놀 화합물 함량을 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 산성 조건은 식물 조직을 느슨하게 하며(26), 이때의 수열처리는 보다 효율적으로 페놀 화합물을 유리화시킬 수 있었다. 왕겨 추출물의 총페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능, 환원력은 대체로 비슷한 경향이었으나 ABTS 라디칼 소거능과는 다른 경향을 보였다.

Table 2에는 각 처리 단계에서의 pH 변화를 측정하여 나타내었다. 증류수를 사용한 경우, 왕겨와 혼합한 직후의 pH는 7.20이었으나 추출단계가 진행될수록 pH가 낮아져서 수열처리를 거친 최종 pH는 4.71이었다. 그러나 유기산과 왕겨를 혼합한 경우에는 초기의 pH에 비해 단계가 진행될수록 pH가 올라가서 최종 pH는 1.90~4.30의 범위이었다. 한편, 유기산 처리의 모든 단계에서 pH는 인산을 처리한 경우가 가장 낮았고, 그 다음으로 주석산, 구연산, 젖산, 초산의 순이었다. 이러한 순서는 Table 1의 총 페놀 함량, DPPH 라디칼

Table 2. Changes of pH depending on processing

pH of solution	Water	Acetic acid	Citric acid	Lactic acid	Phosphoric acid	Tartaric acid
Before adding rice hull	7.20±0.01 <sup>a</sup>	2.86±0.03 <sup>b</sup>	2.11±0.02 <sup>d</sup>	2.31±0.03 <sup>c</sup>	1.56±0.02 <sup>f</sup>	2.05±0.02 <sup>e</sup>
After adding rice hull	7.58±0.02 <sup>a</sup>	3.33±0.03 <sup>b</sup>	2.29±0.02 <sup>d</sup>	2.52±0.04 <sup>c</sup>	1.68±0.01 <sup>f</sup>	2.24±0.02 <sup>e</sup>
After standing for 18 hours	6.05±0.02 <sup>a</sup>	4.05±0.04 <sup>b</sup>	2.80±0.02 <sup>d</sup>	3.17±0.01 <sup>c</sup>	1.89±0.02 <sup>f</sup>	2.64±0.03 <sup>e</sup>
After hydrothermal treatment	4.71±0.02 <sup>a</sup>	4.30±0.02 <sup>b</sup>	2.78±0.02 <sup>d</sup>	3.23±0.02 <sup>c</sup>	1.90±0.02 <sup>f</sup>	2.65±0.02 <sup>e</sup>

Ten gram of rice hull was pre-treated with 100 mL of 50 mM each organic acid for 18 hr at room temperature, then hydrothermal extraction at 121°C for 30 min was carried out. All measurements were done triplicate, and values are expressed as mean±SD. <sup>a-f</sup>Different letters within a row are significantly different ( $p<0.05$ ),  $n=3$ .

Table 3. Effect of concentration of phosphoric acid on the antioxidant activity of rice hull extracts

	Water	Phosphoric acid (mM)				Vit C (µg/mL)	
		10	25	50	100	10	100
TPC (mg/mL)	0.44±0.01 <sup>d</sup>	0.61±0.04 <sup>c</sup>	0.68±0.02 <sup>b</sup>	0.82±0.02 <sup>a</sup>	0.84±0.04 <sup>a</sup>	—	—
DPPH RSA (%)	70.97±2.12 <sup>e</sup>	75.90±2.34 <sup>d</sup>	78.73±1.57 <sup>cd</sup>	81.34±1.23 <sup>b</sup>	79.85±1.62 <sup>bc</sup>	22.50±1.17 <sup>f</sup>	91.58±3.28 <sup>a</sup>
Reducing power (OD)	1.00±0.02 <sup>d</sup>	1.19±0.03 <sup>c</sup>	1.18±0.03 <sup>c</sup>	1.18±0.04 <sup>c</sup>	0.52±0.02 <sup>e</sup>	1.68±0.07 <sup>a</sup>	1.36±0.04 <sup>b</sup>
ABTS(%)	88.98±1.93 <sup>b</sup>	93.78±3.92 <sup>a</sup>	70.14±2.56 <sup>d</sup>	66.77±1.13 <sup>e</sup>	93.15±3.21 <sup>a</sup>	61.94±2.15 <sup>f</sup>	78.57±3.23 <sup>c</sup>

Ten gram of rice hull was pre-treated with 100 mL of each concentration of phosphoric acid or vitamin C for 18 hr at room temperature, then hydrothermal extraction at 121°C for 30 min was carried out. All measurements were done triplicate, and values are expressed as mean±SD. <sup>a-e</sup>Different letters within a row are significantly different (p<0.05), n=3.

Abbreviation: DPPH RSA, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity; TPC, total phenolic contents; OD, optical density; and ABTS RSA, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) radical scavenging activity.

Table 4. Changes of pH depending on concentration of phosphoric acid

	Water	Phosphoric acid (mM)			
		10	25	50	100
Before adding rice hull	7.20±0.01 <sup>a</sup>	1.90±0.02 <sup>b</sup>	1.74±0.02 <sup>c</sup>	1.56±0.02 <sup>d</sup>	1.35±0.02 <sup>e</sup>
After adding rice hull	7.58±0.02 <sup>a</sup>	2.13±0.03 <sup>b</sup>	1.98±0.02 <sup>c</sup>	1.68±0.01 <sup>d</sup>	1.52±0.03 <sup>e</sup>
After standing for 18 hours	6.05±0.02 <sup>a</sup>	3.19±0.02 <sup>b</sup>	2.63±0.01 <sup>c</sup>	1.89±0.02 <sup>d</sup>	1.60±0.03 <sup>e</sup>
After hydrothermal treatment	4.71±0.02 <sup>a</sup>	3.31±0.01 <sup>b</sup>	2.65±0.02 <sup>c</sup>	1.90±0.02 <sup>d</sup>	1.57±0.02 <sup>e</sup>

Ten gram of rice hull was pre-treated with 100 mL of each concentration of phosphoric acid for 18 hr at room temperature, then hydrothermal extraction at 121°C for 30 min was carried out. All measurements were done triplicate, and values are expressed as mean±SD. <sup>a-e</sup>Different letters within a row are significantly different (p<0.05), n=3.

소거능, 환원력과 정확히 일치하였는데, 이는 유기산의 pH가 낮을수록 조직을 느슨하게 하여 항산화성 페놀 화합물의 유리화를 촉진시키기 때문이다(26).

인산 농도에 따른 전처리가 왕겨 추출물의 항산화력에 미치는 영향

Table 1에서 전 처리된 5종류의 50 mM 유기산 중에서 총 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, 환원력이 가장 우수한 인산을 선택하여, 인산 농도에 따른 왕겨 추출물의 항산화력을 측정하였다(Table 3). 대조구로서 증류수와 천연 항산화제인 비타민 C를 이용하여 비교하였다. 총 페놀 함량은 인산의 농도에 비례하여 증가하였는데, 100 mM의 인산에서 0.84 mg/mL로 가장 높게 측정되었다. 그러나 DPPH 라디칼 소거능은 50 mM 인산에서 81.34%로 가장 높은 값을 보였다. 한편, 환원력은 인산의 농도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능은 50 mM 인산 농도까지는 인산의 농도가 증가할수록 감소하였으나 100 mM 인산에서는 다시 증가하였다.

본 연구에 사용된 왕겨는 전체적으로 10 g을 100 mL의 용매에 넣어 추출물을 제조한 것으로서, 대조구인 정제된 천연 항산화물질 비타민 C와 비교해보면 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능은 왕겨 추출물이 상당히 높은 항산화력을 보유하고 있음을 알 수 있다. 다양한 물질로 구성된 복합 조출물인 왕겨 추출물과 순수 단일 물질인 비타민 C와 직접 비교하는 것은 어렵지만, 왕겨 추출물에는 다양한 페놀 화합물이 존재하여 잘 알려진 천연 항산화제인 로즈마리 추출물과 비슷한 항산화력을 보이는 것이 보고된 바 있다(10).

Table 4에는 인산 농도를 달리하여 전 처리한 왕겨 추출물의 제조 단계별 pH를 측정하여 나타내었다. 인산의 농도가 증가할수록 pH가 감소하였음을 알 수 있다. 이를 통해 pH가 감소할수록 왕겨의 페놀화합물의 유리화가 용이해지며, 증가한 페놀 화합물로 인해 DPPH 라디칼은 비슷한 경향으로 증가하지만, 환원력과 ABTS 라디칼 소거능은 페놀 화합물과 비례하는 경향을 보이지는 않았다. 이와 같이 총 페놀 함량과 각 항산화력 분석 결과는 정확하게 일치하지는 않는 이유는 페놀 화합물만이 항산화력을 담당한다고는 보기 어렵고(27), 실제로 항산화물질은 연쇄 반응 개시, 전이금속이온 결합, 과산화물의 분해, 라디칼 소거 등의 여러 단계에서 각각 작용하기 때문이라 여겨진다(28).

이상의 연구결과를 통하여 우리나라에서 농산부산물로 다량으로 발생하는 왕겨에 유기산 전처리 및 수열처리를 하여 항산화능이 높은 추출물의 제조가 가능함을 확인하였다.

요 약

왕겨 10 g에 5종류(초산, 구연산, 젖산, 인산, 주석산)의 50 mM 유기산 100 mL을 가하여 18시간 동안 상온에서 방치한 후, 121°C에서 30분간 수열처리 하여 왕겨 추출물을 제조한 후 항산화능을 측정하였다. 대조구로 증류수를 사용한 경우에 총 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, 환원력, ABTS 라디칼 소거능은 각각 0.44 mg/mL, 70.97%, 1.00 OD, 88.98%이었으며, 비교적 효과가 좋았던 인산의 경우에는 각각 0.82 mg/mL, 81.34%, 1.18 OD, 64.03%로 측정되었다. 인산의 농도별 전처리 효과를 보기 위해 10, 25, 50, 100 mM의

농도에서 같은 조건으로 왕겨 추출물을 제조하여 항산화능과 관련된 지표를 분석한 결과, 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능은 인산 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나, 환원력은 인산의 농도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며 ABTS 라디칼 소거능은 50 mM 인산 농도까지는 인산의 농도가 증가할수록 감소하였으나 100 mM 인산에서는 다시 증가하였다. 이상의 결과로 왕겨에 존재하는 페놀성 항산화물질을 유기산 전처리로 효율적으로 유리화시킬 수 있음을 확인하였다.

### 감사의 글

본 논문은 2009학년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

### 문헌

- Moure A, Cruz JM, Franco D, Domínguez JM, Sineiro J, Domínguez H, Núñez MJ, Parajó JC. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chem* 72: 145-171.
- Larson RA. 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry* 27: 969-978.
- Tsuda T, Osawa T, Ohshima K, Kawakishi S. 1994. Antioxidative pigments isolated from the seeds of *Phaseolus vulgaris* L. *J Agric Food Chem* 42: 248-251.
- Ramarathnam N, Osawa T, Namiki M, Kawakishi S. 1989. Chemical studies on novel rice hull antioxidants. 2. Identification of isovitexin, a c-glycosyl flavonoid. *J Agric Food Chem* 37: 316-319.
- Wu K, Zhang W, Addis PB, Epley RJ, Salih AM, Lehrfeld J. 1994. Antioxidant properties of wild rice. *J Agric Food Chem* 42: 34-37.
- Asamarai AM, Addis PB, Epley RJ, Krick TP. 1996. Wild rice hull antioxidants. *J Agric Food Chem* 44: 126-130.
- Niwa Y, Kanoh T, Kasama T, Neigishi M. 1988. Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating, brewing and lipophilization. A new drug delivery system. *Drugs Exp Clin Res* 14: 361-372.
- Lee SC, Lim JH, Jeong SM, Kim DR, Ha JU, Nam KC, Ahn DU. 2003. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. *J Agric Food Chem* 51: 4400-4403.
- Park JH, Jin JH, Kim HJ, Park HR, Lee SC. 2005. Effect of far-infrared irradiation on the antioxidant activity of extracts from rice hulls. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 131-134.
- Lee SC, Kim JH, Nam KC, Ahn DU. 2003. Antioxidant properties of far infrared treated rice hull extract in irradiated raw and cooked turkey breast. *J Food Sci* 68: 1904-1909.
- Nam KC, Kim JH, Ahn DU, Lee SC. 2004. Far-infrared radiation increases the antioxidant properties of rice hull extract in cooked turkey meat. *J Agric Food Chem* 52: 374-379.
- Jeon KI, Park EJ, Park HR, Jeon YJ, Lee SC. 2006. Antioxidant activity of rice hull extracts on reactive oxygen species scavenging and oxidative DNA damage in human lymphocytes. *J Med Food* 9: 42-48.
- Park SM, Lee SC. 2009. Effect of hydrothermal treatment on the antioxidant activity of rice hull extracts. *Food Sci Biotechnol* in press.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-315.
- Muller HE. 1985. Detection of hydrogen peroxide produced by microorganism on ABTS-peroxidase medium. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg* 259: 151-158.
- SAS Institute. 1995. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Shahidi F, Wanasundara PK. 1992. Phenolic antioxidant. *Crit Rev Food Sci Nutr* 32: 67-103.
- Yamaguchi T, Takamura H, Matoba T, Terao J. 1998. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 1201-1204.
- Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ. 2005. Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inonotus obliquus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 139-147.
- Wang MF, Shao Y, Yi JG, Zhu NQ, Rngarajan M, Lavoie EJ, Ho CT. 1998. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *J Agric Food Chem* 46: 4869-4873.
- Herrmann K. 1989. Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 28: 315-347.
- Niwa Y, Miyachi Y. 1986. Antioxidant action of natural health products and chinese herbs. *Inflammation* 10: 79-91.
- Koşar M, Dorman HJD, Hiltunen R. 2005. Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected Lamiaceae species. *Food Chem* 91: 525-533.
- Waterman PG, Mole S. 1994. Qualitative and quantitative separation methods. In *Methods in Ecology: Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. p 143-167.
- Schlesier K, Harwat M, Böhm V, Bitsch R. 2002. Assessment of antioxidant activity by using different *in vitro* methods. *Free Radic Res* 36: 177-187.
- Diplock AT. 1997. Will the good fairies please prove to us that vitamin E lessens human degenerative disease? *Free Radic Res* 27: 511-532.

(2009년 7월 15일 접수; 2009년 8월 8일 채택)