

현미(추청벼, 흑진주벼, 신동진벼)에 함유된 γ -Oryzanol의 함량 분석 및 생리활성 효과 비교

김영주 · 고재호 · 김은혜 · 남혁진 · 조소희 · 김현웅* · 김정봉* · †한병수**
경기북과학고등학교, *국립농업과학원 농식품자원부, **청학고등학교

Quantification of γ -Oryzanol Components and Comparison Its Biological Activity in Brown Rice

Young-Ju Kim, Jae-Ho Ko, Eun-Hye Kim, Hyuk-Jin Nam, So-Hee Jo,
Heon-Woong Kim*, Jung-Bong Kim* and †Byoung-Su Han**

Gyeonggibuk Science High School, Uijeongbu 480-826, Korea

*National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

**Cheonghak High School, Namyangju 472-810, Korea

Abstract

We analyzed the contents of γ -oryzanol, which is contained in brown rice of the nation rice varieties *Chucheong*, *Heukjinju* and *Sindongjin*, by HPLC. Furthermore we also performed experiments on its biological activity, to prove the effectiveness of rice bran. The contents of γ -oryzanol contained in hulled rice showed 1,587 ppm for *Heukjinju*, followed by *Chucheong*(1,038 ppm), and by *Sindongjin*(472 ppm). In anti-oxidative activity, we performed an experiment, by measuring the radical scavenging activity of DPPH. *Heukjinju* showed the best effect, and *Chucheong* showed the worst effect. In cholesterol lowering activity, *Heukjinju* showed the best activity and *Sindongjin* showed the worst effect. In anti-bacterial activity as well, *Heukjinju* showed the best activity, and *Sindongjin* showed the worst effect. Through these experiments, we compared the contents of γ -oryzanol, which is contained in hulled rice(*Chucheong*, *Heukjinju*, *Sindongjin*). Also, we found the anti-oxidation effect, cholesterol lowering effect, and anti-bacterial activity of the γ -oryzanol extracts. Based on our research, we expect that γ -oryzanol can work as a new drug, or nutritional supplement.

Key words: γ -oryzanol, HPLC, anti-oxidative activity, cholesterol lowering activity, anti-bacterial activity

서론

밀, 옥수수, 감자와 함께 세계 4대 작물로 손꼽히는 쌀은 우리나라에서 매년 약 4천만 톤 정도가 수확된다고 한다. 세계 쌀 연구원 통계자료에 따르면, 세계 쌀 생산량은 1960년의 2억 톤에서 2004년의 6억 톤으로 지속적으로 증가해왔다 (<http://ko.wikipedia.org>). 한국을 비롯한 여러 아시아권 나라들에서는 쌀을 주식으로 하는 곳이 많다. 주로 밥이나 떡을 해서 먹으며, 식혜 같은 음료나 소주, 청주 등 술의 원료가 되기도 한다. 쌀은 우리나라의 주식으로서 ‘벼’라고 불리는 화본

과에 속하는 식물로 성숙한 종실을 말하며, 이 종실의 종피(왕겨)와 과피(쌀겨층)를 제거한 알맹이를 말한다. 벼씨는 껍질과 알맹이로 구성되어 있는데, 껍질은 보통 ‘겨’라고 말하며, 맨 겉의 단단한 것은 ‘왕겨’이며, 내부의 얇은 겨는 쌀겨라 부르는데, 이를 미강이라 한다. 미강은 쌀의 도정 후에 얻어지는 물질로서 연간 약 50~60만 톤이 부산물로 얻어진다 (Hu 등 1996).

미강은 현미의 껍질 즉, 겨층(과피, 총피, 호분층)과 쌀눈으로 구성된 가루로서, 쌀에 함유된 영양분의 약 95%가 미강에 집결되어 있다. 미강에는 양질의 단백질과 식이섬유 및 각종

† Corresponding author: Byoung-Su Han, Cheonghak High School, Namyangju 472-810, Korea, Tel: +82-31-849-8849, E-mail: hbs951895@paran.com

비타민과 미네랄이 함유되어 있을 뿐만 아니라, 지용성 생리 활성 물질인 γ -oryzanol, 토코페롤, 레시틴, 스테롤 등을 함유하고 있다(Hu 등 1996). 특히 γ -oryzanol은 항산화효과(Fujita 등 2005; Juliano 등 2005; Kim JS 2007), 항염 효과(Akihisa 등 2000), 콜레스테롤 저하효과(Kim 등 2002), 항암 효과 등 많은 생리활성 효과를 나타내고 있다고 알려져 있다. 최근 γ -oryzanol은 역상 HPLC 및 MS 분석에 의해 10여종의 화합물로 구성되어 있음이 확인되었으며, 비타민 E 함량보다 10배 가까이 높은 현미 100 g 당 수십 mg의 함량을 나타내는 것으로 보고되었다(Shin 등 1997; Xu & Godber 1999; Xu & Godber 2000). 그런데 얻어지는 미강 중 20%만이 함유되어 미강유(Yu 등 2007)로 생산되거나 사료로 값싸게 팔리고 나머지는 모두 버려진다. 더군다나 미강에 함유되어 있는 여러 가지 생리활성 물질 때문에 버려진 후 잘 분해되지 않아 더 큰 문제가 되고 있다.

이에 본 연구에서는 3가지 품종의 현미에 함유된 γ -oryzanol 성분조성 및 함량을 조사하고, 이들이 나타내는 항산화 효과, 콜레스테롤 저하 효과 및 항균 효과를 탐구하여 비교하고자 하였으며, 나아가 우리나라 쌀 소비를 증진시키는데 도움이 되고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에 사용된 벼 품종은 국내에서 생산된 추청벼(Chucheong), 흑진주벼(Heukjinju), 신동진벼(Sindongjin) 3종이며(이하 순서대로 C, H, S 표기), 농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과에서 2011년 6월에 분양받았다. 간이 제현기로 직접 왕겨를 벗겨 현미를 준비한 다음, 분쇄기(HR 2860, PHILIPS, China)를 이용하여 분말로 만들어 실험에 사용하였으며, 분쇄한 현미가루는 밀봉하여 -20°C 냉동고에 보관하였다.

2. 기기 및 시약

분석기기는 YMC AM303(4.6 mm \times 250 mm, 5 μm) column이 장착된 Alliance e2695 HPLC system(Waters Co. Milford, MA, USA)을 사용하였다.

항산화 효과 측정용 시약으로는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)(WAKO, Japan)를 사용하였으며, 혈청 중 함유된 총 콜레스테롤 성분을 측정하기 위해 V-Cholesterol(아산제약(주), Korea)을 사용하였다. 항균 실험에 사용한 균주는 그람 음성 균인 *Escherichia coli*(KCTC-1039), *Salmonella enterica* subsp. *enterica*(KCTC-1029)과 그람 양성균인 *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis*(KCTC-1021), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*(KCTC-

1928)를 생명자원센터에서 분양받아 사용하였다.

실험에 사용한 혈청 치료는 의정부 성모병원에서 고콜레스테롤(250~300 mg/100 ml) 환자의 혈청을 연구용으로 기증 받았다. 혈청 출처와 콜레스테롤 수치는 각각 M/325, M/288, F/327(mg/100 ml)(M: male, F: female)이며, 순서대로 혈청 1, 2, 3으로 표기하였고, 정상인의 혈청 콜레스테롤 수치는 130~250(mg/100 ml)에 비해 콜레스테롤 수치가 높은 혈청을 사용하였다. 기타 시약으로 methanol, ethanol, acetonitrile, dichloromethane, acetic acid 등(J. T. Baker, USA)이 사용되었으며, 항산화실험에서 대조군으로 BHT(Aldrich, USA)를 사용하였다.

3. γ -Oryzanol의 추출

분쇄한 현미 5 g을 50 ml conical tube에 담고 dichloromethane 및 methanol을 2:1의 비율로 혼합한 추출용매를 40 ml 첨가하여 잘 섞어주었다. 이후 초음파 분쇄기(JAC-4020P, 고도기연, Korea)에 넣고 강한 세기로 30분간 추출하였다. 그 다음 원심 분리기(4 $^{\circ}\text{C}$, 3,000 rpm)에서 10분간 원심분리한 후 상층액만을 취해 여과지(Whatman No. 2)로 여과시켰다. 남아있는 침전물에 추출용매 30 ml, 20 ml를 순차적으로 처리하여 위 방법을 2회 반복한 다음 수집된 최종 여과액을 질소 농축기로 농축시켰다. 질소 농축 후 남아있는 침전물에 ethanol 2 ml를 넣어 용해시킨 다음 syringe filter(PVDF, 0.45 μm)로 여과하여 HPLC 분석에 사용하였다.

4. HPLC를 이용한 γ -Oryzanol 함량 분석

γ -Oryzanol의 HPLC 분석조건은 Table 1에 요약되어있다. methanol:acetonitrile:dichloromethane:acetic acid를 50:44:3:3의 비로 혼합한 단일 용매를 이동상으로 사용하여 50분간 분석하였으며, 유속은 1.4 ml/min, 주입량은 20 μl , 검출기는 PDA (photodiode array detector)로 325 nm 파장에서 분석하였다.

5. γ -Orzanol 추출물의 항산화 효과

γ -Oryzanol 추출물에 대한 1,1-diphenyl 1-2-picrylhydrazyl(이

Table 1. The γ -oryzanol analytical condition by HPLC

Parameters	Conditions
Column	YMC AM303(4.6 mm \times 250 mm, 5 μm)
Column temp.	30 $^{\circ}\text{C}$
Flow rate	1.4 ml/min
Injection volume	20 μl
Running time	50 min.
Eluent	Methanol:Acetonitrile:Dichloromethane:Acetic acid (50:44:3:3, v/v/v/v)
Wavelength	325 nm

하 DPPH) radical 소거 활성을 측정하기 위해 Blois MS(1958)의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. Ethanol을 이용하여 4가지 단계(1, 0.5, 0.2, 0.1)로 시료를 제조한 뒤, 시료 100 μ l와 DPPH 용액 900 μ l를 혼합 후 10초간 진탕해 37°C에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 UV spectrophotometer (DU 730, Beckman Coulter, USA)로 측정하였다. 이때 DPPH radical 소거활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 비교하여 나타내었으며, 양성 대조군으로 butylhydroxytoluene (이하 BHT)를 사용하였다. 항산화 효과는 시료를 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 그래프로 나타내었다.

6. γ -Oryzanol 추출물의 콜레스테롤 저하 효과

γ -Oryzanol 추출물의 콜레스테롤 저하 효과를 측정하기 위해 고콜레스테롤 혈청 20 μ l와 γ -oryzanol 추출물 10 μ l를 혼합하여 측정용 시료를 만들었다(Wilson 등 2007). 측정용 시약은 효소 시약 1병과 완충액(120 ml) 용해시켜 사용하였다. 혈청과 추출물의 혼합물에서 20 μ l를 취해 분주하고, 측정용 시약 3.0 ml와 충분히 혼합한 후 항온수조에서 37°C로 5분간 반응시켰다. 이후 40분 이내에 시약 blank를 대조한 후 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 동일한 방법으로 표준물질의 흡광도를 측정한 후 검량선을 작성하고, 콜레스테롤의 총량을 계산하였다. 대조군은 혈청 20 μ l와 ethanol 10 μ l의 혼합물을 사용하였다.

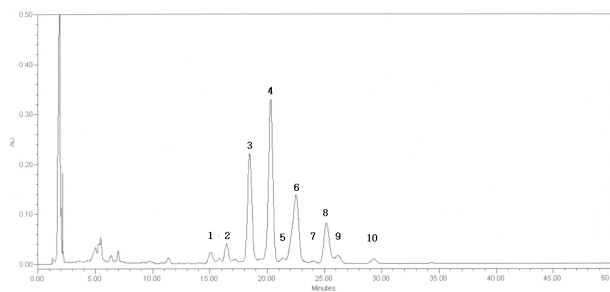
7. γ -Oryzanol 추출물의 항균 효과

γ -Oryzanol 추출물의 항균 효과는 Disc agar diffusion 법(James & Sherman 1978)을 사용하여 측정하였다. γ -Oryzanol 추출물을 ethanol에 용해시켜 시료를 제조한 다음, 농도별로 20 μ l씩 paper disc에 분주한 뒤 5분 정도 건조하였다. 균이 충분히 배양되어 있는 페트리 접시에 4군데 영역을 지정하여 paper disc를 놓고 세균을 24시간 배양한 후 4종의 세균(*E. coli*, *Salmanella*, *Bacillus*, *Staphylococcus*)의 증식이 억제된 정도를 상대적으로 비교하여 항균 효과를 측정하였다.

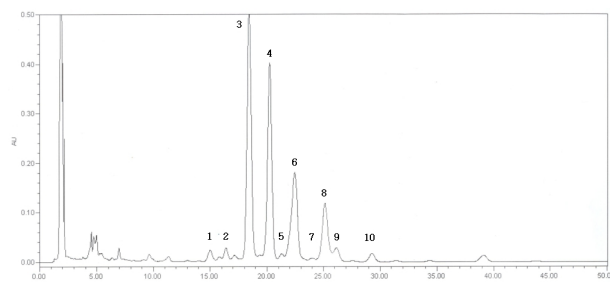
결과 및 고찰

1. 현미에 함유된 γ -Oryzanol의 함량

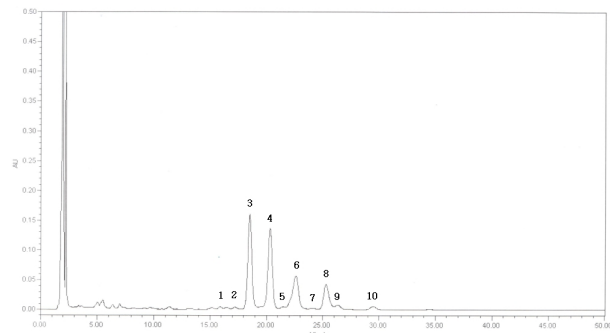
HPLC 분석 결과, 추청벼, 흑진주벼 및 신동진벼 현미로부터 Xu & Godber(1999)의 연구결과와 마찬가지로 γ -oryzanol의 10개 peak를 확인할 수 있었으며, 이들의 머무름 시간(retention time, RT)은 15분에서 30분 사이에 나타났다(Fig. 1). 또한 cycloartenyl ferulate(peak 3), 24-methylenecycloartenyl ferulate(peak 4), campesteryl ferulate(peak 6), sitosteryl ferulate(peak 8)이 주요 성분으로 확인되었다(Xu & Godber 1999; Miller &



(a) *Chucheong*



(b) *Heukjinju*



(c) *Sindongjin*

Fig. 1. HPLC-DAD chromatograms of γ -oryzanol extracted from grains of the Korean rice varieties.

Engel 2006). 역상 HPLC 분석법으로 γ -oryzanol 총합량을 확인한 결과, 추청벼, 흑진주벼, 신동진벼는 각각 1,038.6, 1,587.7, 472.3 ppm으로 나타났으며, 추청벼에는 24-methylenecycloartenyl ferulate의 비중이 cycloartenyl ferulate보다 큰 반면, 흑진주벼와 신동진벼에는 cycloartenyl ferulate의 비중이 24-methylenecycloartenyl ferulate보다 큰 것으로 나타났다(Table 2).

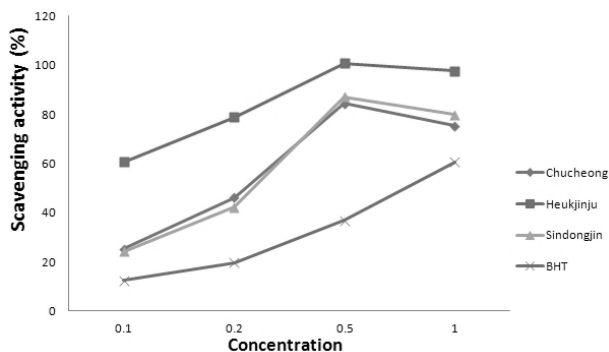
2. γ -Oryzanol 추출물의 항산화 효과

현미(추청벼, 흑진주벼, 신동진벼)로부터 추출한 γ -oryzanol의 우수한 항산화 효과는 γ -oryzanol의 구조 중 ferulic acid가 강력한 항산화 효능을 가지고 있기 때문인 것으로 사료되었다(Sakamoto 등 1987). 따라서 DPPH free radical 소거활성은 주요 페놀산 중에 하나인 ferulic acid 화합물에 기인한 것으로 판단되었다. 또한 γ -oryzanol의 농도 순위와 유사하게 흑진

Table 2. γ -Oryzanol contents and compositions of steryl and triterpene alcohol ferulates in Korean three rice varieties

	Chucheong		Heukjinju		Sindongjin	
	Concentration(ppm)	Proportion(%)	Concentration(ppm)	Proportion(%)	Concentration(ppm)	Proportion(%)
1	24.9	2.4	25.4	1.6	2.3	0.5
2	10.3	1.0	7.9	0.5	3.7	0.8
3	247.1	23.8	554.1	34.9	158.6	33.6
4	363.5	35.0	444.5	28.0	142.6	30.2
5	12.4	1.2	17.4	1.1	4.2	0.9
6	227.4	21.9	290.5	18.3	86.9	18.4
7	6.2	0.6	9.5	0.6	2.3	0.5
8	112.1	10.8	174.6	11.0	55.2	11.7
9	21.8	2.1	39.6	2.5	9.4	2.0
10	12.4	1.2	23.8	1.5	6.6	1.4
Total	1,038.6	100.0	1,587.7	100.0	472.3	100.0

* 1. Δ^7 -stigmasteryl ferulate, 2. stigmasteryl ferulate, 3. cycloartenyl ferulate, 4. 24-methylenecycloartenyl ferulate, 5. Δ^7 -campestenyl ferulate, 6. campesteryl ferulate, 7. Δ^7 -sitostenyl ferulate, 8. sitosteryl ferulate, 9. campestanyl ferulate, 10. sitostanyl ferulate.

**Fig. 2. The comparison of DPPH radical scavenging activities in γ -oryzanol extracts from the Korean rice varieties.**

추청벼>추청벼>신동진벼의 순으로 항산화 효과가 높게 나타나 추출물에 함유되어 있는 γ -oryzanol이 항산화 효과에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다(Fig. 2). 추청벼 γ -oryzanol 추출물의 농도 1,000 ppm과 동일하게 제조한 합성항산화제 BHT에 대하여 라디칼 소거능을 비교한 결과, 추청벼가 대조군인 BHT에 비해 더 높은 활성을 나타내어 현미 중 γ -oryzanol이 항산화 활성을 나타내는 주요 물질임을 추정할 수 있었다. 이 실험을 통해 γ -oryzanol이 합성 항산화제를 대체할 수 있을 뿐만 아니라, 인체에 무해한 식품 보존료, 화장품 제조 등에 활용될 수 있을 것으로 기대되었다.

3. γ -Oryzanol 추출물의 콜레스테롤 저하 효과

고콜레스테롤 혈청 Sample 1(M/325 mg/100 ml), Sample 2 (M/288 mg/100 ml), Sample 3(F/327 mg/100 ml)에 γ -oryzanol

추출물을 처리한 후 T-CHO 측정을 진행하였다. 효소 반응 후 측정된 흡광도를 이용하여 콜레스테롤 수치를 측정한 결과, 흑진주벼>추청벼>신동진벼>대조군(에탄올)의 순서로 콜레스테롤 수치가 감소하였다(Table 3). 이들 효과 역시 현미(추청벼, 흑진주벼, 신동진벼)에서 추출한 γ -oryzanol의 농도에 비례하여 나타나 γ -oryzanol이 콜레스테롤 저하 효과에 중요한 역할을 하는 것으로 사료되었다. 이는 콜레스테롤 섭취를 통해 유도된 고지혈증 쥐에 대해 추출물이 아닌 γ -oryzanol 성분을 먹였을 경우, 유의적으로 콜레스테롤 수치가 감소한다는 선행 연구결과에 부합되는 것으로 나타났다(Sakamoto 등 1987; Nakayama 등 1987). 앞으로 γ -oryzanol이 고지혈증 및 심혈관계 질환 치료를 위한 의약품 원료로 사용될 수 있음을 밝히기 위해서는 생체 내(*in vivo*) 실험이 추가적으로 수행되어야 할 것이다.

Table 3. Cholesterol level variation by γ -oryzanol extracts from the Korean rice varieties

Samples	M/325	M/288	F/327	Average
Control	172.5	188.3	226.4	195.7
C	125.5	117.7	131.9	125.0
H	104.3	94.5	110.0	102.9
S	134.1	149.5	133.3	138.9

* C: Chucheong, H: Heukjinju, S: Sindongjin.

Prior to treatment, cholesterol level from serum in male were 325 mg/100 ml(M/325) and 288 mg/100 ml(M/288), respectively. In female was 327 mg/100 ml(F/327)

4. γ -Oryzanol 추출물의 항균 효과

현미(추청벼, 흑진주벼, 신동진벼)에서 추출한 γ -oryzanol 을 항산화 및 콜레스테롤 저하 효과 측정 방법과 마찬가지로 동일단계로 희석한 후, 농도별로 paper disc에 침지시킨 다음 세균이 자라고 있는 NA 배지 위에 놓고 24시간 후 관찰된 세균 생육 저해환(clear zone)의 크기를 상대적으로 비교하였다. 마찬가지로 생육 저해환은 γ -oryzanol의 농도에 비례하여 나타났으며, 흑진주벼>추청벼>신동진벼 순으로 항균효과가 높게 관찰되었다. 특히 γ -oryzanol의 낮은 농도에도 불구하고 *Bacillus* 균에 대해서는 강력한 효과를 나타냈다. 반면에 80% 에탄올을 처리한 대조군에서는 항균효과가 거의 나타나지 않았다(Table 4).

요 약

흑진주벼, 추청벼, 신동진벼의 현미상태에서 ethanol을 이용하여 γ -oryzanol 추출물을 제조한 다음, 이들의 조성 및 함량을 HPLC로 분석하고 생리활성을 측정하여 비교한 결과는 다음과 같다. 인용문헌을 바탕으로 총 10종의 개별 성분을 분리 및 확인하였으며, 이 중 cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartanyl ferulate, campesteryl ferulate, sitosteryl ferulate이 주요 성분으로 확인되었다. γ -Oryzanol 총합량은 흑진주벼, 추청벼, 신동진벼의 순으로 나타났으며, 이들 γ -oryzanol 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거율, 콜레스테롤 저하 효과, 항균효과 역시 흑진주벼, 추청벼, 신동진벼 순으로 나타나 γ -oryzanol이 이들 활성에 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 판단되었다. 특히 항산화 효과에 있어 합성항산화제와 비교하였을 때 전반적으로 매우 높게 나타나, 이러한 결과들을 바탕으로 현미에 함유된 γ -oryzanol이 식품, 제약, 의료 분야 등 다방면에서

활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

γ -Oryzanol 추출 과정과 HPLC 분석에 대해 많은 조언과 수고를 해주신 국립농업과학원 김현웅 연구원과 주제 선정에 도와주시고 재료 선정과 연구 과정 전반에 걸쳐 조언을 해주신 국립농업과학원 김정봉 박사님에게 감사드리며, 고 콜레스테롤 혈청 시료를 제공해 주신 의정부 성모병원에도 감사의 인사를 전합니다. 본 연구는 2011년도 경기도교육청 지원으로 진행된 과학고등학교 R&E(Research & Education) 결과입니다.

참고문헌

Akihisa T, Yasukawa K, Yamaura M, Ukiya M, Kimura Y, Shimizu N, Arai K. 2000. Triterpene alcohol and sterol ferulates from rice bran and their anti-inflammatory effects. *J Agric Food Chem* 48:2313-2319

Blios MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200

Fujita A, Masumoto K, Kawakami K, Mikami T, Nomura M. 2005. Anti-oxidation activity of various rice brans. *J Oleo Sci* 55:585-591

Hu W, Wells JH, Shin, TS Godber IS. 1996. Comparison of isopropanol and hexane for extraction of vitamin E and oryzanols from stabilized rice bran. *J Am Oil Chem Soc* 73:1653-1656

James GC, Sherman J. 1978. Chemotherapeutic Agent in

Table 4. Anti-bacterial activities of γ -oryzanol extracts from the Korean rice varieties(concentration 1=undiluted γ -oryzanol extracts, concentration 2=concentration 1 $\times 10^{-1}$, concentration 3=concentration 1 $\times 10^{-2}$)

	Conc.	<i>Bacillus</i>	<i>Staphylococcus</i>	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>
Ethanol	1	-	-	-	-
C	1	+	++	++	++
H	1	++	+	++	++
S	1	++	++	-	+
C	2	++	++	++	+
H	2	++	++	-	++
S	2	+	+	-	-
C	3	+	+	-	+
H	3	+	+	-	++
S	3	++	-	-	+

* Conc.: concentraion, C: Chucheong, H: Heukjinju, S: Sindongjin, +: clear zone 20 mm under, ++: clear zone 20~30 mm, -: clear zone no-show.

- Microbiology, a Laboratory Manual Chemical Agents of Control. pp.247-254 Prentice Hall, USA
- Juliano C, Cossu M, Alamanni MC, Piu L. 2005. Antioxidant activity of gamma-oryzanol: Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. *Int J Pharm* 299:146-154
- Kim IH, Kim CJ, You JM, Lee KW, Kim CT, Chung SH, Tae BS. 2002. Effect of roasting temperature and time on the chemical composition of rice germ oil. *J Am Oil Chem Soc* 79:413-418
- Kim JS. 2007. Antioxidant activity of γ -oryzanol and synthetic phenolic compounds in an oil/water(O/W) emulsion system. *J Food Sci Nutr* 12:173-176
- Miller A, Engel KH. 2006. Content of γ -oryzanol and composition of steryl ferulates in brown rice(*Oryza sativa* L.) of European origin. *J Agric Food Chem* 54:8127-8133
- Nakayama S, Manabe A, Suzuki J, Sakamoto K, Inagaki T. 1987. Comparative effects of two forms of γ -oryzanol in different sterol compositions on hyperlipidemia induced by cholesterol diet in rats. *Jpn J Pharmacol* 44:135-143
- Sakamoto K, Tabata T, Shirasaki K, Inagaki T. 1987. Effects of γ -oryzanol and cycloartenol ferulic acid ester on cholesterol diet induced hyperlipidemia in rats. *Jpn J Pharmacol* 45:559-565
- Shin TS, Godber JS, Martin DE, Wells JH. 1997. Hydrolytic stability and changes in E vitamers and oryzanol of extruded rice bran during storage. *J Food Sci* 62:704-728
- Wilson TA, Nicolosi RJ, Woolfrey B, Kritchevsky D. 2007. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters. *J Nutr Biochem* 18:105-112
- Xu Z, Godber JS. 1999. Purification and identification of components of γ -oryzanol in rice bran oil. *J Agric Food Chem* 47:2724-2728
- Xu Z, Godber JS. 2000. Comparison of supercritical fluid and solvent extraction methods in extracting γ -oryzanol from rice bran. *J Am Oil Chem Soc* 77:547-551
- Yu S, Nehus ZT, Badger TM, Fang N. 2007. Quantification of vitamin E and γ -oryzanol components in rice germ and bran. *J Agric Food Chem* 55:7308-7313
- <http://ko.wikipedia.org>. 2011.04.20 '쌀' 검색

접 수 : 2012년 7월 25일
 최종수정 : 2012년 8월 8일
 채 택 : 2012년 8월 8일