

현미의 발아정도에 의한 항산화활성의 변화

강보라¹ · 박미정² · 이흠숙^{1*}

¹서울산업대학교 식품공학과

²서울산업대학교 안경광학과

Germination Dependency of Antioxidative Activities in Brown Rice

Bo Ra Kang¹, Mijung Park² and Heum Sook Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, and ²Dept. of Visual Optics,
Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

Abstract

The change of antioxidative character by germination of brown rice was evaluated. From the total methanolic extract of brown rice, 2.5 mm-germinated brown rice, and 5 mm-germinated brown rice, SOD-like activity and nitrite scavenging ability were identified as antioxidative character. SOD-like activities and nitrite scavenging abilities of all samples were changed dose-dependently and germination-dependently. After successive partitioning with hexane, ethyl acetate (EtOAc) and water, each fraction was tested for these activities. SOD-like activities of all fractions were increased by germination, and especially hexane fraction and EtOAc fraction of 5 mm-germinated brown rice had more strong activities than 50 ppm vitamin C. The EC₅₀ values of SOD-like activity showed a gradual decrease by germination and that of EtOAc fraction of 5 mm-germinated brown rice was 17 ppm, which was lower concentration than that of 50 ppm vitamin C. The IC₅₀ values of nitrite scavenging ability at pH 1.5 also underwent a great decrease by germination and germinated brown rice had the nitrite scavenging ability at lower concentration than brown rice. The results suggest that SOD-like activity and nitrite scavenging ability are thought to be enhanced by the germination effect.

Key words: brown rice, germination, antioxidative, SOD-like activity, nitrite scavenging ability

서 론

최근 건강에 대한 인식이 높아짐에 따라 식생활이 건강에 미치는 영향에 대한 관심도 높아져 여러 형태의 건강식품에 대한 수요가 증가하고 특히 주식으로 하는 쌀과 발아생식을 대체 건강식품으로 변환시키는 연구도 활발히 진행되고 있다. 발아현미는 현미를 발아시킨 것으로 식이섬유, 칼슘, 철분, 비타민 등의 유익한 영양소를 보강할 수 있으며, γ -orizanol이나 arabinoxylane, γ -aminobutyric acid(GABA) 등의 생리활성 성분들도 증가하고, 발아 중에 효소가 활성화됨으로써 현미보다 연화되어 체내에서 흡수가 잘 되는 형태로 바뀌게 되는 이점을 가지고 있다. 또한 현미가 가지고 있는 콜레스테롤 저하작용(1) 및 혈압상승억제(2) 등의 좋은 생리활성을 그대로 유지하고 있다. 최근 현미에 대한 연구는 항돌연변이 작용(3), 항산화활성(4,5), 제빵의 품질특성(6,7), 쌀 발아음료(8) 및 발아현미 밥 등과 같이 여러 분야에서 진행되고 있으나, 발아현미의 생리활성에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

한편, 노화와 성인병 질환의 원인이 활성산소에 기인된 것이라는 학설이 점차 인정되어짐에 따라 이를 조절할 수 있는 물질로 알려진 항산화제의 개발연구도 활발히 진행되고 있다. 즉, superoxide dismutase(SOD), glutathione peroxidase, catalase와 같은 산화효소의 생체내에서의 역할이 심도 있게 연구되고 있으며 더불어 tocopherol, vitamin C, carotenoid 등의 천연 항산화제와 BHA 및 BHT를 필두로 한 많은 합성 항산화제들이 개발·사용되고 있다. 합성 항산화제는 탁월한 효과와 경제성 때문에 폭넓게 사용되고 있으나 이들의 인체에 대한 안전성에 문제가 있을 수 있으며(9,10), 천연 항산화제는 안전하기는 하나 단독으로는 산화연쇄반응 저지 능력이 낮고(11) 가격이 비싸다는 단점이 있다. 따라서 보다 안전하고 효과가 뛰어난 천연물이나 식품으로부터 항산화작용을 기대하는 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다.

국내외에서 많이 수행되고 있는 항산화작용 측정법인 SOD 유사활성측정법은 SOD 유사활성물질이 효소는 아니지만 superoxide의 반응을 억제하여 superoxide로부터 생체

*Corresponding author. E-mail: heum@snut.ac.kr
Phone: 82-2-970-6436, Fax: 82-2-976-6460

를 보호하는 작용 기전을 가지고 있는 것에 착안한 실험방법이다. 그러므로 SOD와 유사한 역할을 하는 천연물 또는 식품에 존재하는 저분자물질인 phytochemical들을 섭취함으로써 산화적 장애와 노화가 억제될 수 있다(12). Nitrite 소거능 측정법은 체내의 구강과 위 장관에서 식품 중의 nitrate가 nitrate reductase에 의해 nitrite로 환원되어 독성을 가지게 되며(13), 일정농도 이상 섭취할 경우 식품 중의 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine이 생성되는(14) 것을 막을 수 있는 능력을 측정하는 방법으로 역시 천연물 및 식품 분야에서 널리 사용되는 항산화작용 측정법이다. Nitrite 생성반응은 위장 내의 낮은 pH에서 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있으며(15) 이들 일부가 체내에서 diazoalkane으로 전환되어 세포성분을 alkyl화하여 암을 유발하므로 nitrite의 소거는 중요한 의미를 가진다(16-18).

이에 본 연구에서는 일반현미와 발아현미 2종류(2.5 mm 발아, 5 mm 발아) 각각의 총 메탄올 추출물에 대하여 SOD 유사활성과 nitrite 소거능 실험을 하여 각 시료간의 항산화력 정도를 비교하고 총 메탄올 추출액으로부터 유기용매의 분획을 제조하여 각 분획의 항산화활성을 측정함으로써 현미의 발아정도에 따른 항산화력의 변화를 검토하였다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용한 현미 및 발아현미 2종(2.5 mm 발아, 5 mm 발아)은 (주)미력에서 구입하여 분쇄하여 사용하였다. Sigma (USA)사에서 vitamin C 및 pyrogallol을, Kanto(Japan)사에서 α -naphthylamine 및 sulfanilic acid를 구입하여 사용하였으며 그 외의 모든 시약도 특급 시약을 사용하였다.

추출 및 분획

현미와 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미 각각 500 g씩을 분쇄하여 그 분말을 80% 메탄올에 넣고 각각 환류 냉각장치를 부착시킨 추출기에서 60~65°C로 가온하여 6시간씩 3회 추출한 후 여과하여 추출액을 모았다. 그 여액을 rotary evaporator로 감압농축하고 동결건조하여 시료로 사용할 현미 12.8 g, 2.5 mm 발아현미 27.1 g, 5 mm 발아현미 10.2 g의 총 메탄올 추출물을 얻었다.

이 추출물을 DMSO에 현탁시킨 후 용매극성에 따라 순차적으로 추출하여 hexane 분획물, ethyl acetate(EtOAc) 분획물 및 물 분획물을 제조하였고, 이들 각 분획물 및 총 메탄올 추출물의 SOD 유사활성과 nitrite 소거능을 측정하였다.

SOD 유사활성 측정

SOD 유사활성은 Marklund와 Marklund(19)의 방법에 따라 측정하였다. SOD 유사활성 검사법은 물에 존재하는 superoxide radical에 의해 자동산화가 일어나 갈색물질로 변하는 pyrogallol의 양을 분광광도계로 분석하는 방법이며,

양성대조군으로는 vitamin C를 사용하였다(20,21). 추출한 시료 20 g에 50 mM Tris-cacodylic acid buffer(TCB, pH 8.2) 20 mL를 가한 후 2분간 균질화한 다음 4°C에서 원심분리(12,000×g, 30 min)하였다. 이 상징액의 pH를 8.2로 조정하고 TCB를 이용하여 50 mL로 정용한 것을 시료액으로 하였다. 시료액 0.95 mL를 취해 24 mM pyrogallol(10 mM HCl 포함) 50 μ L를 가한 후 420 nm에서 초기 2분간 흡광도 증가 정도를 측정하였다. SOD 유사활성은 TCB 0.95 mL를 취하여 동일한 방법으로 측정된 흡광도 값의 증가 정도를 대조군으로 하여 아래 식에 따라 계산하였다. 양성대조군으로 사용한 vitamin C는 여러 농도로 제조하여 SOD 유사활성을 구하였다. SOD 유사활성은 다음과 같이 구하였다.

$$\text{SOD-like activity (\%)} = \left(1 - \frac{B}{A}\right) \times 100$$

A: 시료액 대신 TCB를 이용하여 측정된 흡광도 값의 변화
B: 시료 첨가시의 흡광도 값의 변화

Nitrite 소거능 측정

각 시료의 nitrite 소거능은 Kato 등(22)의 방법에 의거하여 다음과 같이 측정하였다. Nitrite 소거능 실험은 nitrite와 Griess 시약의 반응에 의한 azo 화합물의 생성을 저해하는 정도를 흡광도로 측정하는 방법이다. 1 mM NaNO₂ 용액 2 mL에 시료 추출물 0.1 g을 가한 후 0.1 N HCl, 0.2 M 구연산 완충액을 이용하여 pH를 각각 1.5, 3.0, 4.5, 6.0으로 조절하여 반응용액을 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL와 Griess 시약(30% HCl로 제조한 1% naphthylamine 과 1% sulfanilic acid의 1:1 혼합액) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 분광광도계를 이용하여 생성되는 azo 화합물의 흡광도를 520 nm에서 측정하여 잔존하는 nitrite량을 비교하였다.

대조군으로는 Griess 시약 대신 증류수를 0.4 mL 가하여 상기와 같은 방법으로 실시하였으며, nitrite 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 흡광도 차이에 의한 백분율로 나타내었다. Vitamin C를 양성대조군으로 사용하였으며, 여러 농도로 제조하여 nitrite 소거능을 구하였다. Nitrite 소거능의 계산은 다음과 같이 하였다.

$$\text{Nitrite scavenging ability (\%)} = \left(1 - \frac{A-C}{B}\right) \times 100$$

A: 1 mM NaNO₂ 용액에 시료와 Griess 시약을 첨가한 흡광도

B: 1 mM NaNO₂ 용액에 Griess 시약을 첨가한 흡광도

C: 1 mM NaNO₂ 용액에 시료와 증류수를 첨가한 흡광도

통계처리

모든 결과는 평균 ± 표준편차로 나타내었으며, Student's t-test를 통하여 p<0.001의 수준에서 유의성을 검정하였다.

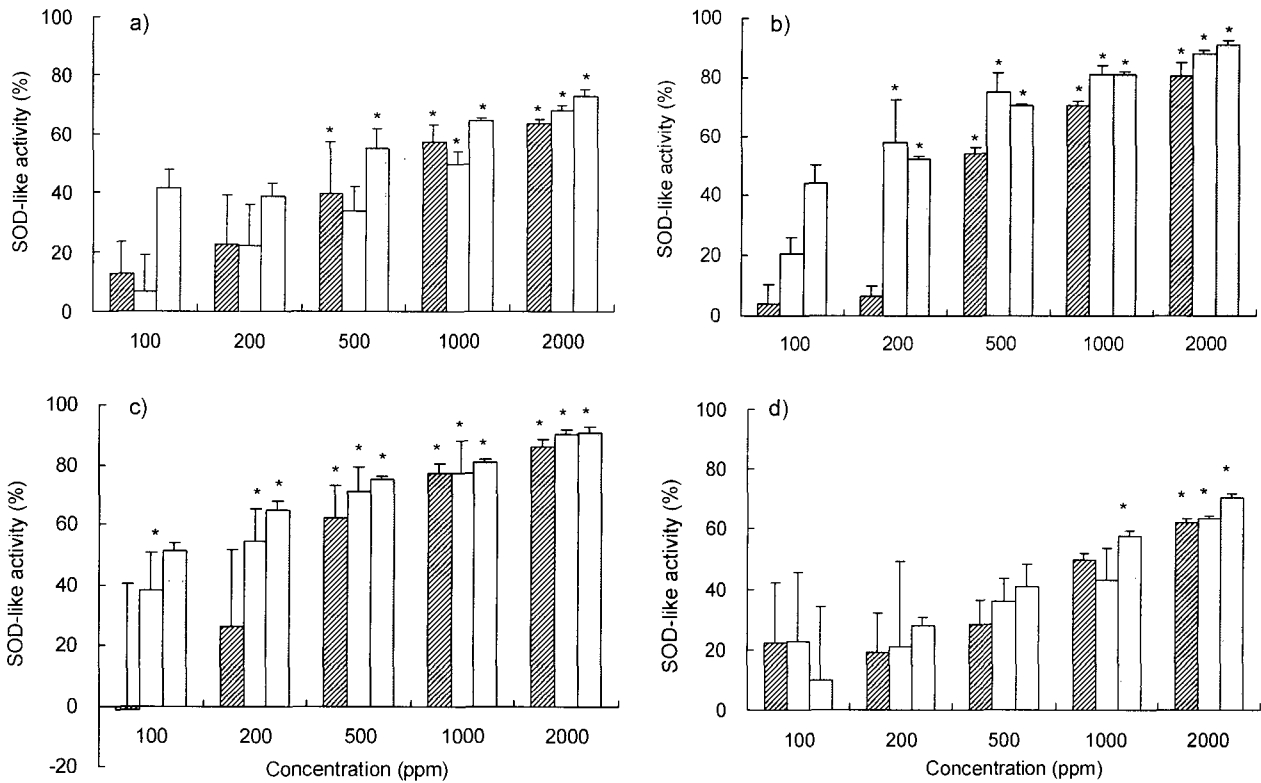


Fig. 1. SOD-like activity of extracts and fractions from brown rice (BR), 2.5 mm-germinated brown rice and 5 mm-germinated brown rice as a function of concentration. a) The activity of total methanolic extracts. b) The activity of hexane fractions. c) The activity of EtOAc fractions. d) The activity of water fractions. ▨ BR, □ 2.5 mm-germinated BR, □ 5 mm-germinated BR. The values represent the mean±SD for triplicate experiments. *Significantly different from the control values (p<0.001).

결과 및 고찰

현미의 발아정도에 따른 SOD 유사활성

현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미의 총 메탄올 추출물은 가장 높은 농도인 2000 ppm에서 각각 63.5%, 67.9%, 73.1%의 SOD 유사활성을 가지고 있었으며 모든 시료의 활성이 100 ppm에서 2000 ppm까지 농도 의존적으로 증가하였다(Fig. 1a). 그 중 5 mm 발아현미의 활성은 모든 농도에서 가장 뛰어났으며, 현미 및 2.5 mm 발아현미가 각각 12.8%, 6.9%의 활성을 나타내는 100 ppm의 농도에서도 41.5%의 활성을 나타내어 저농도에서의 활성도 월등히 5 mm 발아현미가 우수하였다.

Hexane 분획물의 활성도 최고농도인 2000 ppm에서 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 80.5%, 88.0%, 91.1%로(Fig. 1b) 양성대조군으로 사용한 vitamin C 50 ppm의 74.1%보다 우수하였으며, 5 mm 발아현미의 경우 vitamin C 100 ppm의 94.0%와도 근사한 활성을 보였다(Fig. 2). EtOAc 분획물도 2000 ppm에서 각각 85.7%, 90.0%, 90.9%로 hexane 분획물의 활성과 유사하게 나타났다(Fig. 1c). 물 분획물의 활성은 2000 ppm에서 각각 62.1%, 63.4%, 70.3%

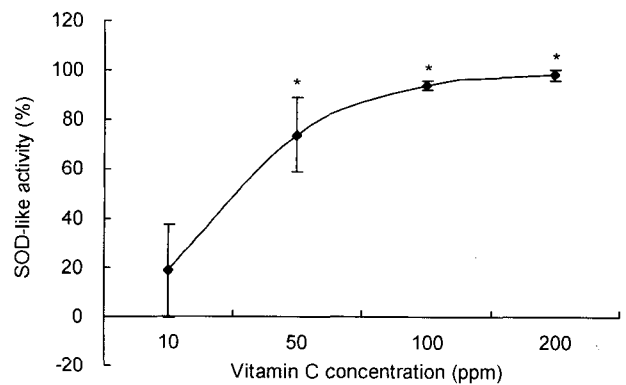


Fig. 2. SOD-like activity of vitamin C as a function of concentration. The values represent the mean±SD for triplicate experiments. *Significantly different from the control values (p<0.001).

로 분획별로 비교하여 볼 때 hexane 분획물과 EtOAc 분획물의 활성에는 못 미치는 것을 알 수 있었다(Fig. 1d).

양성대조군으로 사용한 vitamin C의 EC₅₀ 값은 38 ppm이었으며, hexane 분획물의 EC₅₀ 값은 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 655 ppm, 257 ppm, 150 ppm으로 역시 발아가 더 진행될수록 저농도에서 SOD 유사활성이 나

타났다(Table 1). EtOAc 분획물의 EC₅₀ 값은 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 561 ppm, 209 ppm, 17 ppm으로 나타나 모든 시료에서 다른 분획물에 비하여 가장 낮은 EC₅₀ 값을 가지고 있었다. 특히, 5 mm 발아현미의 EtOAc 분획물의 EC₅₀ 값은 17 ppm으로 vitamin C의 38 ppm보다 적어 여러 가지 성분이 혼합되어 있는 분획물임에

Table 1. The EC₅₀ values of SOD-like activity

Sample	EC ₅₀ (ppm)
Vitamin C	38
Hexane fraction	
Brown rice	655
2.5 mm-germinated brown rice	257
5 mm-germinated brown rice	150
EtOAc fraction	
Brown rice	561
2.5 mm-germinated brown rice	209
5 mm-germinated brown rice	17
H ₂ O fraction	
Brown rice	>1000
2.5 mm-germinated brown rice	>1000
5 mm-germinated brown rice	>1000

The EC₅₀ values are effective concentrations which have 50% SOD-like activity.

도 vitamin C보다 저농도에서 SOD 유사활성을 가지는 것으로 나타났다. 즉, 5 mm 발아현미는 최고활성을 나타내는 정도가 vitamin C 50 ppm보다 우수하였을 뿐만 아니라 vitamin C보다 더 낮은 농도에서 활성을 나타내는 것으로 보여지므로 이 분획물에서 탁월한 SOD 유사활성을 가진 물질을 추적해볼 필요가 있다고 여겨진다. 물 분획물의 경우는 모든 시료의 EC₅₀ 값이 1000 ppm 이상으로 다른 분획물이나 총 메탄올 추출물에 비해 크게 높아 SOD 유사활성을 나타내는 물질이 좀 더 극성이 작은 분획물로 이동되었음을 알 수 있었다(Table 1).

현미의 발아정도에 따른 nitrite 소거능

현미의 발아정도에 따른 nitrite 소거능을 연구한 본 논문의 결과, 현미를 발아시킬수록, pH가 낮아질수록(data not shown) 농도 의존적으로 nitrite 소거능력이 높게 나타남을 알 수 있었다. 또한 발아시킨 현미가 발아시키지 않은 현미보다, 5 mm 발아현미가 2.5 mm 발아현미보다 소거능이 높게 나타났다.

총 메탄올 추출물은 pH 1.5, 가장 높은 실험 농도인 750 ppm에서 nitrite 소거능이 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 76.4%, 95.6%, 95.0%이었으며(Fig. 3a),

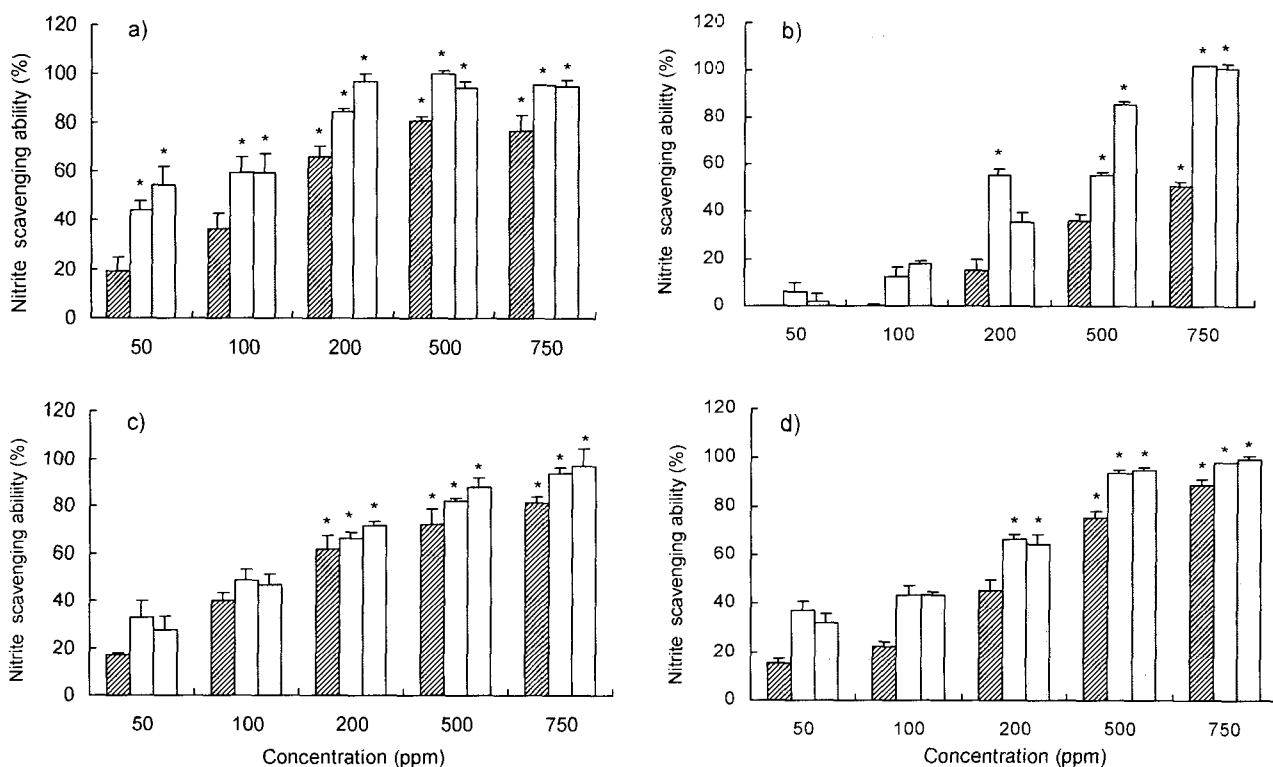


Fig. 3. Nitrite scavenging ability of extracts and fractions from brown rice (BR), 2.5 mm-germinated brown rice and 5 mm-germinated brown rice as a function of concentration.

a) The scavenging ability of total methanolic extracts. b) The scavenging ability of hexane fractions. c) The scavenging ability of EtOAc fractions. d) The scavenging ability of water fractions. ▨ BR, □ 2.5 mm-germinated BR, ▤ 5 mm-germinated BR. The values represent the mean ±SD for triplicate experiments. *Significantly different from the control values (p<0.001).

hexane 분획물의 경우는 동일한 pH 및 농도에서 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 50.9%, 102.2%, 101.1%의 nitrite 소거능을 가지고 있었다(Fig. 3b). EtOAc 분획물의 nitrite 소거능은 750 ppm에서 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 81.2%, 93.9%, 97.4%이었고(Fig. 3c), 물 분획물은 각각 88.9%, 98.0%, 99.6%이었다(Fig. 3d).

pH 1.5에서 양성대조군으로 사용한 vitamin C의 IC₅₀ 값이 15 ppm이었으며, hexane 분획물의 IC₅₀ 값은 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 710 ppm, 350 ppm, 332 ppm으로 발아될수록 더 낮은 농도에서 nitrite 소거능을 가지고 있음을 확인하였으며, 현미와 발아현미의 차이는 컸으나, 2.5 mm 발아현미와 5 mm 발아현미의 IC₅₀ 값은 그 차이가 적음을 알 수 있었다. EtOAc 분획물의 IC₅₀ 값은 현미, 2.5 mm 발아현미, 5 mm 발아현미가 각각 153 ppm, 131 ppm, 122 ppm이었으며, 물 분획물의 IC₅₀ 값은 각각 325 ppm, 120 ppm, 122 ppm으로 hexane 분획물과 마찬가지로 2.5 mm 발아현미와 5 mm 발아현미의 IC₅₀ 값은 유사하였지만 현미에 비해서는 모두 낮았다(Table 2). 또한 모든 시료의 hexane 분획물의 IC₅₀ 값에 비하여 EtOAc 분획물과 물 분획물은 훨씬 더 낮은 IC₅₀ 값을 가지고 있음을 확인하였다.

이상에서와 같이 본 연구에서는 현미의 발아정도에 따른 SOD 유사활성 및 nitrite 소거능을 측정하여, 현미와 발아현미 모두 SOD 유사활성 및 nitrite 소거능을 가지고 있음을 확인하였을 뿐만 아니라 발아정도에 따라 활성이 크게 증가함을 밝혔다. 특히 5 mm 발아현미의 EtOAc 분획물의 경우 SOD 유사활성이 vitamin C보다 우수한 것으로 나타났다. 또한 SOD 유사활성을 나타내는 분획물은 상대적으로 좀 더 극성이 낮은 분획물들이었으며, nitrite 소거능이 우수한 분획물은 상대적으로 극성이 큰 분획물들에 속해 이 두 활성을 가지게 하는 생리활성물질들이 다른 성분들일 가능성도 있

어 이에 대한 추후의 연구가 필요하리라 사료된다.

현미와 발아현미의 항산화력의 차이가 나타나는 이유는 몇 가지 연구결과들로 유추해 볼 수 있다. 발아과정 중의 가수분해효소의 작용에 의해 다당과 단백질의 가수분해가 일어나 발아현미에는 oligosaccharide와 아미노산의 양이 증가하며(23,24), 이러한 발아과정 중에 생기는 단백질분해로 인한 저혈압의 유도, 이노작용, 진정작용 등을 가지고 있는 신경전달물질인 γ -aminobutyric acid(GABA)의 함유량이 증가하게 되는 것(25,26)과 같이 발아과정 중에 현미에 함유되어 있는 생리활성물질의 종류 및 양의 변화가 나타나게 된다. 이러한 결과로 발아현미가 항염증작용, 항돌연변이 작용 및 암세포의 증식을 차단하는 새로운 생리활성이 나타나게 되는 것이다(27). 암세포의 증식을 억제하는 작용이 명확히 발아현미 중의 어떤 성분에 의한 것인지 아직 밝혀져 있지 않으나 현미에 비해 phenolic 화합물의 함유량이 증가한다는 보고(28)와 발아과정에 의해 SOD 유사활성과 nitrite 소거능이 증가된다는 본 연구결과로 미루어보아 항산화작용과도 관련이 있을 것으로 여겨진다. 또한 본 연구결과에서 발아정도에 따라 항산화작용이 증가하는 경향을 보이므로 기존에 밝혀진 각종 발아현미들의 생리작용들도 발아된 정도에 따라 달라질 가능성이 높다고 사료된다.

실제로 현미에는 coumaric acid, chlorogenic acid, proto-catechuic acid, syringic acid가 존재하며, 발아과정에 의해 6'-O-feruloylsucrose, 6'-O-sinapoylsucrose, ferulic acid 및 sinapinic acid와 같은 phenolic 화합물들의 양이 증가하는 것으로 알려져 있다(28). 따라서 본 연구결과에서 나타나는 SOD 유사활성과 nitrite 소거능에서의 현미와 발아현미 간의 차이 및 2.5 mm 발아현미와 5 mm 발아현미 간의 차이는 이들 성분들의 함량 차이가 주요 요인으로 작용했을 가능성이 높다고 생각된다.

요 약

본 연구는 일반현미와 발아현미의 항산화력의 차이를 알아보기 위해 수행되었다. 일반현미와 발아현미 2종(2.5 mm 발아, 5 mm 발아)의 총 메탄올 추출물의 SOD 유사활성과 nitrite 소거능을 측정한 결과 모든 시료에서 농도 의존적으로 유의성 있게 활성이 증가하였으며 발아정도에 따라 활성이 달라졌다. 각 시료의 총 메탄올 추출물을 용매의 극성차이를 이용하여 hexane, EtOAc, 물로 분획하고 다시 각 분획물의 SOD 유사활성 및 nitrite 소거능을 측정하여 활성을 비교하였다. 모든 분획물에서 발아가 더 많이 진행될수록 SOD 유사활성이 증가하여 특히 5 mm 발아현미의 hexane 분획물과 EtOAc 분획물은 양성대조군으로 사용한 vitamin C 50 ppm의 74.1%보다 우수하였으며, vitamin C 100 ppm의 94.0%과 유사한 정도의 활성을 보였다. EC₅₀ 값 역시 발아정도에 따라 크게 낮아졌으며, 특히 vitamin C의 EC₅₀ 값이

Table 2. The IC₅₀ values of nitrite scavenging ability at pH 1.5

Sample	IC ₅₀ (ppm)
Vitamin C	15
Hexane fraction	
Brown rice	710
2.5 mm-germinated brown rice	350
5 mm-germinated brown rice	332
EtOAc fraction	
Brown rice	153
2.5 mm-germinated brown rice	131
5 mm-germinated brown rice	122
H ₂ O fraction	
Brown rice	325
2.5 mm-germinated brown rice	120
5 mm-germinated brown rice	122

The IC₅₀ values are inhibition concentrations which have 50% nitrite scavenging ability.

38 ppm이었으나, 5 mm 발아현미의 EtOAc 분획물의 EC_{50} 값은 17 ppm으로 분획물임에도 불구하고 vitamin C보다 더 낮은 농도에서 활성을 가졌다. Nitrite 소거능은 현미와 발아현미 모두에서 우수한 것으로 나타났으나, pH 1.5에서 물 분획물의 IC_{50} 값은 현미 325 ppm, 2.5 mm 발아현미 120 ppm, 5 mm 발아현미 122 ppm으로 현미와 발아현미간의 차이는 컸으나, 2.5 mm 발아현미와 5 mm 발아현미간의 차이는 적어 발아에 의해 더 낮은 농도에서 nitrite 소거능을 가지게 됨을 확인하였다. 이러한 경향은 hexane 분획물과 물분획물에서도 동일하게 나타났다.

문 헌

- Madaz G. 1983. Effect of brown rice and soybean dietary fiber on the control of glucose and lipid metabolism in diabetic rats. *Am J Clin Nutr* 38: 388-393.
- Muramoto G, Kawamura S. 1991. Rice protein and anti-hypertensive peptide (angiotensin converting enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kogyo* 34: 18-26.
- Chun HS, Kim IH, Kim HJ. 1995. Effect of brown rice extract on mitomycin C - Induced chromosome aberration in cultured CHL cells. *J Kor Food Sci Technol* 27: 1003-1007.
- Choi SW, Nam SH, Choi HC. 1996. Antioxidative activity of ethanolic extracts of rice brans. *Food Sci Botechnol* 5: 305-309.
- Champagne ET, Hron RJ. 1992. Stability of ethanol-extracted brown rice to hydrolytic and oxidative deterioration. *J Food Sci* 57: 433-436.
- Choi JH. 2001. Quality characteristics of the bread with sprouted brown rice flour. *J Kor Soc Food Cookery Sci* 17: 323-327.
- Kang MY, Choi YH, Choi HC. 1997. Comparison of some characteristics relevant to rice bread processing between brown and milled rice. *J Kor Soc Food Cookery Sci* 13: 64-69.
- Kim SS, Lee WJ. 1997. Characteristics of germinated rice as a potential raw material for sikhe production. *J Kor Food Sci Technol* 29: 101-106.
- Omaye ST, Reddy KA, Cross CE. 1977. Effect of butylated hydroxytoluene and other antioxidants on mouse lung metabolism. *J Toxicol Environ Health* 3: 829-836.
- Umamura T, Kodama Y, Nishikawa A, Nomura T, Kanki K, Kuroiwa Y, Ishii Y, Kurokawa Y, Hirota M. 2006. Nine-week detection of six genotoxic lung carcinogens using the rasH2/BHT mouse model. *Cancer Lett* 231: 314-318.
- Cort WM. 1984. Antioxidant activity of tocopherols and ascorbyl palmitate and ascorbic acid and their mode of action. *J Am Oil Chem Soc* 51: 321-325.
- Kitani K, Minami C, Yamamoto T, Kanai S, Ivy GO, Carrillo MC. 2002. Pharmacological interventions in aging and age-associated disorders: potentials of propargylamines for human use. *Ann N Y Acad Sci* 959: 295-307.
- Walker R. 1990. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Addit Contam* 7: 717-768.
- Rorald W. 1975. Naturally occurring nitrite in food. *J Jpn Soc Food Agric* 26: 1735-1742.
- Shigeyoshi O. 1974. Advances in chemical carcinogenesis by N-nitroso compounds. *J Food Hyg Soc* 15: 419-423.
- Gray J, Dugan JR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J Food Sci* 40: 981-985.
- Kyrtopoulos SA. 1989. N-nitroso compound formation in human gastric juice. *Cancer Surv* 8: 423-442.
- Forman D. 1989. Are nitrates a significant risk factor in human cancer? *Cancer Surv* 8: 443-458.
- 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: 469-474.
- Bae RN, Lee SK. 1990. Factors affecting browning and its control methods in chopped garlic. *J Kor Soc Hort Sci* 31: 213-218.
- Jo KS, Kim HK, Ha JH, Park MH, Shin HS. 1990. Flavor compounds and storage stability of essential oil from garlic distillation. *J Kor Food Sci Technol* 22: 50-55.
- Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
- Manna KM, Naing KM, Pe H. 1995. Amylase activity of some roots and sprouted cereals and beans. *Food and Nutrition Bulletin* 16: 1-4.
- Tran TU, Suzuki K, Okadome H, Ikezaki H, Homma S, Ohtsubo K. 2005. Detection of changes in taste of japonica and indica brown and milled rice (*Oryza sativa* L.) during storage using physicochemical analyses and a taste sensing system. *J Agric Food Chem* 53: 1108-1118.
- Jakobs C, Jaeken J, Gibson KM. 1993. Inherited disorders of GABA metabolism. *J Inherit Metab Dis* 16: 704-715.
- Omori M, Yano T, Okamoto J, Tsushida T, Murai T, Higuchi M. 1987. Effect of anaerobically treated tea (gabaron tea) on blood pressure of spontaneously hypertensive rats. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 61: 1449-1451.
- Oh CH, Oh SH. 2004. Effect of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. *J Med Food* 7: 19-23.
- Kuno T, Hirose Y, Yamada Y, Hata K, Quiang SH, Asano N, Oyama T, Zhi H, Iwasake T, Kobayashi H, Mori H. 2006. Chemoprevention of mouse urinary bladder carcinogenesis by fermented brown rice and rice bran. *Oncol Rep* 15: 533-538.
- Tian S, Nakamura K, Cui T, Kayahara H. 2005. High-performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in rice. *J Chromatogr A* 1063: 121-128.

(2006년 2월 13일 접수; 2006년 4월 6일 채택)