

## 현미 종류별 발아현미의 발아 전 후 생리활성물질 함량의 변화

정혜영\* · 이동현\*\* · 백흥영\*\*\* · 이영상\*<sup>†</sup>

\*순천향대학교 생물자원공학과, \*\*(주)미실란, \*\*\*한국인스팜(주)

## Pre- and Post-Germination Changes in Pharmaceutical Compounds of Germinated Brown Rice

Hey-Young Jung\*, Dong-Hyun Lee\*\*, Hum-Young Baek\*\*\*, and Young-Sang Lee\*<sup>†</sup>

\*Dept. of Biological Resources & Technology, Soonchunhyang Univ., Asan 336-745, Korea

\*\*Misillan Farm Co. Ltd., Chonnam Gokseong 516-803, Korea

\*\*\*Korea INS Pharm Inc. Chonnam Hwasun 519-882, Korea

**ABSTRACT** Recent consumption of germinated brown rice is increasing due to its health-beneficial effects. To clarify germination-dependent changes in functional compound contents, 5 different types of (ordinary, glutinous, green-kerneled, red-colored and black-colored) rices were selected and their pre- and post-germination content changes in vitamin E ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -tocopherols and  $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocotrienols), squalene, and phytosterols (campesterol, stigmasterol, sitosterol) were evaluated. In the case of vitamin E isomer contents, germination generally resulted in decreasing tendency around 10% in most isomers as well as in total tocopherol and tocotrienol contents in all types of rices. In the case of squalene, significant increase could be observed in glutinous rice (by 31%), while other types of rices exhibited no changes or slight reduction by germination. Regarding stigmasterol contents, all tested types of germinated brown rice exhibited significant increment by 19 to 27% compared to non-germinated cases, except for green colored-rice which showed statistically not significant 5% increment. No changes or slight reductions, however, could be observed in campesterol and sitosterol, as well as in total phytosterol contents. As a conclusion, most of tested pharmaceutical compounds exhibited statistically not significant changes except for stigmasterol which were increased by the germination process.

**Keywords** : germinated brown rice, phytosterol, squalene, tocopherol, tocotrienol

**쌀**은 세계 3대 작물로 우리나라를 비롯하여 아시아에서 주식으로 사용되고 있는 중요한 작물이다. 식생활이 서구화되

면서 쌀의 소비가 줄어들고 있는 실정에 있지만 최근 쌀에 함유되어 있는 전분 이외의 기능성물질에 대한 연구가 증대하면서 기능성 식품소재로서의 쌀에 대한 관심이 증가되고 있다(Autio, 1996; Nakagawa & Onoto, 1996). 쌀은 대부분 현미 형태로 섭취되지 않고 식미 증대를 위한 도정과정을 거쳐 미강을 제거한 후 백미 형태로 소비되고 있는데, 일반적으로 백미보다는 미강을 포함한 현미가 몸에 좋다는 것은 현대인들에게 널리 알려진 사실이다.

최근 발아현미의 소비가 증대하고 있는데, 이는 발아 과정을 거쳐 조직이 연화되고 식미감이 개선되기 때문이다. 발아현미에 대한 관심 증대와 더불어 발아현미가 갖고 있는 다양한 생리활성 연구가 이루어지고 있다. 발아현미의 대표적 기능성 물질로는 GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid)가 있는데, GABA는 현미를 발아시키면 발아 과정 중 다양한 종류의 효소가 활성화 되면서 함량이 증가하는 것으로 알려져 있으며 생리활성으로는 고혈압 예방, 비만억제, 신경안정 등이 보고되고 있다(Okada *et al.*, 2000). 또한 발아 중 저장 단백질의 질적 변화, 미량 영양소의 증가, 구성 탄수화물의 인체 내 소화율 증가 및 반영양적 요소의 감소나 제거 등 다양한 영양학적 변화가 보고되고 있으며 우수한 발아현미의 기능성에 기초하여 다양한 기능성 식품 소재로의 활용 연구가 활발히 이루어지고 있다(Lee *et al.*, 2006).

발아 과정 중 생성되는 GABA이외에도 발아현미는 미강 층을 포함하게 되므로 미강 내에 함유된 다양한 종류의 기능성 생리활성물질을 포함하게 된다. 대표적인 미강 함유 기능성 물질인 비타민 E는 tocopherol과 tocotrienol를 총칭하는 것으로, 항산화, 항암 효과가 우수하며, 혈중 cholesterol를 저하하는 효과를 가지고 있어 심장 및 혈관계 질병 예방

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-41-530-1287

(E-mail) mariolee@sch.ac.kr <Received November 28, 2008>

에 효과적이며 그 밖에 세포의 보호, 면역 기능 강화, 치매 증 개선, 피부손상 방지 등 다양한 종류의 생리활성효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(Thiele *et al.*, 1997).

미강에 함유되어 있으나 연구 및 보고가 매우 미흡한 기능성 물질로 squalene이 있다. Squalene은 탄소 30개, 수소 50개가 여섯 개의 이중결합으로 연결된 불포화탄화수소로 동식물성 유지와 인간의 표피지방질에 함유되어 있으며 체 내에서 콜레스테롤과 스테로이드 호르몬의 전구체로 이용되는데, 주로 심해상어에서 추출된 기능성 제품이 판매되고 있다. Squalene은 탁월한 지용성을 가지며 표면장력이 대단히 약하기 때문에 세포나 조직 속으로 잘 침투하며 간조직 등에 축적되어 있는 지용성 발암물질, 환경오염물질 및 중금속을 용해하여 조직 밖으로 배출시키는 해독작용이 있다(Park & Kim, 2002). 또한 squalene은 인체의 mitochondria 내에서 생성되어 인체 구성성분의 파괴와 변형을 유발하는 반응성의 활성산소에 의한 피해를 최소화 시키는 항산화 기능이 있으며, 그 외에도 콜레스테롤 농도 저하, 면역력 증가 및 항암작용을 하는 것으로 보고되고 있다(Desai *et al.*, 1996; Kohno *et al.*, 1995; Storm *et al.*, 1993). 동물성 콜레스테롤과 유사한 구조를 갖는 식물성 스테롤(phytosterol)은 약 40여종이 알려져 있는데, sitosterol, campesterol 및 stigmasterol이 주요한 구성 성분으로 되어 있다. 식물성 스테롤은 인체 내에서 생합성 되지 않으며, 동물성 스테롤에 비해 그 흡수율이 낮으나 인체 내에서 다양한 생리활성이 알려지면서 항산화제, 영양강화제, 기능성식품의 원료로 이용되고 있으며 최근 화장품이나 제약 산업 분야에서도 사용되고 있다(Cho & Lee, 2003; Koo & Lee, 2004). 최근 발아 현미의 생리활성과 관련된 다양한 연구가 진행되고 있으나, 대부분 GABA에 집중되어 수행되어왔으며, 발아 현미에 포함되어 있는 다른 기능성 물질인 vitamin E, squalene, phytosterol에 관한 연구, 특히 발아 과정 중 변화와 관련된 연구 보고는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구는 발아현미의 주요 생산 공정인 발아 전후에 나타나는 vitamin E, squalene, phytosterol 등 기능성 물질의 함량 변화를 구명코자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 현미 및 발아현미 재료

본 실험을 위하여 일반현미, 찹쌀현미, 녹미, 적미, 흑미 등 5종류의 현미를 재배농가로부터 직접 구입하고 이들을

30°C에서 24시간 발아시킨 후, 건조하는 과정을 거쳐 각각 발아일반현미, 발아찹쌀현미, 발아녹미, 발아적미 및 발아흑미를 제조하고 이들을 분쇄하여 분석에 이용하였다.

### 분석용 시료 전처리

분쇄된 시료 1 g을 50 mL 원심분리관에 취하여 ascorbic acid 0.1 g과 ethanol 10 mL을 가하고 80°C 항온수조에서 10분간 진탕 후 44% KOH용액 300  $\mu$ L를 가하여 80°C에서 다시 18분간 비누화 반응을 진행시켰다. 반응 종료 직후 ice bath에 옮겨 신속히 냉각한 후, 반응이 정지된 시료에 증류수 10 mL, hexane 10 mL을 가하여 혼합하고, 이를 1,000 rpm에서 5분간 원심분리하였다. 원심분리 후 hexane층을 별도의 시험관에 취하였으며 다시 hexane 10 mL를 넣어 추출하는 과정을 2회 추가 실시하여 hexane 층을 모았다. 이 hexane층에 증류수 10 mL를 가하여 세척하는 과정을 3회 반복한 후, hexane층을 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 통과시켜 탈수한 후, 진공농축기로 농축하였다. 농축물을 1 mL의 isooctane으로 용해한 것을 GC 분석에 이용하였다. 각 현미 및 발아 현미 시료는 최소 3회 반복 독립적인 추출을 실시하였으며 발아 전후 함량비교를 위하여 SPSS 통계프로그램을 이용하여 5% 유의수준에서 *t*-test를 실시하였다.

### 기기 및 분석조건

본 실험의 분석 대상인  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopherol(T) 및  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocotrienol(T3) 등 8종의 vitamin E isomer들과 squalene 및 campesterol, stigmasterol, sitosterol 등 12종의 기능성 성분들의 동시분석은 Cho *et al.*(2007)의 방법에 준하여 실시하였다. 즉, GC(Agilent 6890, USA)에 CP-SIL 8 CB(25.0 m  $\times$  250  $\mu$ m, 0.40  $\mu$ m) 칼럼을 사용하였으며, oven 온도 조건은 초기 2분간 220°C를 유지한 후 290°C까지 분당 5°C씩 승온시킨 후 14분간 유지하고 이어 310°C까지 분당 10°C씩 승온하였다. 주입부 및 FID 검출기의 온도는 310°C이었으며 이동상으로는 He 가스를 1 mL min<sup>-1</sup>의 유속으로 사용하였고, split ratio는 1/50, 시료주입량은 1  $\mu$ L로 하였다. 정량 분석은 표준품과 시료의 크로마토그램상의 peak 면적을 기초로 Chemstation(Agilent, USA) software를 이용하여 수행하였다.

### 표준품 및 기타 시약

Tocopherol 및 tocotrienol의 표준품으로는 CalBiochem사의  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocotrienol kit 및  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopherol

kit을 구입하여 사용하였으며 ascorbic acid 및 hexane은 HPLC급(J. T. Baker, USA)을, 기타 시약은 Sigma에서 구입하여 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 분석 대상 성분의 분리

본 실험 조건에서 얻어진 발아현미시료 및 표준품의 chromatogram을 Fig. 1에 나타내었다. 대상 성분인 12종 생리활성물질들의 머무름 시간(retention time)은 squalene,  $\delta$ -T,  $\beta$ -T,  $\gamma$ -T,  $\delta$ -T3,  $\alpha$ -T,  $\beta$ -T3,  $\gamma$ -T3, campesterol,  $\alpha$ -T, stigmasterol, 그리고  $\beta$ -sitosterol 순으로 나타났다. 분석 대상이었던  $\beta$ -tocopherol과  $\beta$ -tocotrienol은 현미중 함량이 보고된 바 있으나, 본 실험의 GC 분석 조건에서 검출이 매우 미미하여 정량분석은 수행치 않았다.

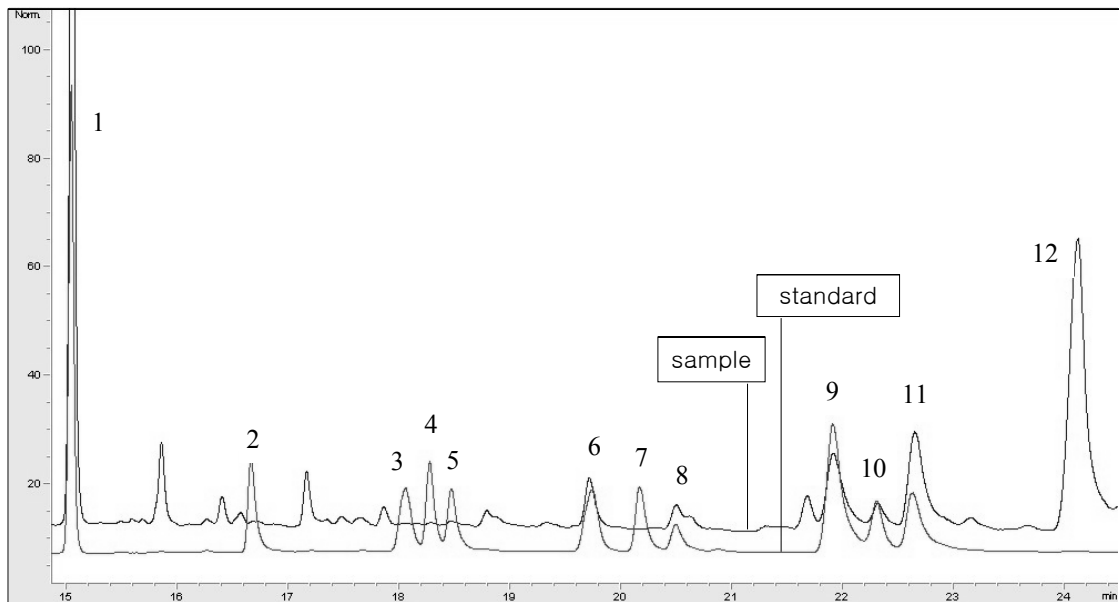
### Tocopherol류의 발아전후 함량 변화

발아 전후 현미 함유 vitamin E인 tocopherol 함량 값을 isomer별로 비교한 결과, 시험에 사용된 5종류의 현미에서 발아전후 뚜렷한 함량 변화가 없는 유사성이 나타났다. 일 반현미의 경우 각  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -tocopherol isomer별로 조금씩 차이가 있었지만 총 tocopherol 함량은 발아 전과 발아 후 모두  $4.90 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 동일한 값을 나타내었다. 한편 찹쌀현

미의 경우 총 tocopherol함량은 발아 후  $3.21 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 나타났는데 이는 비록 통계적으로 유의성은 인정되지 않았으나 발아 전  $4.46 \text{ mg kg}^{-1}$ 보다  $1.25 \text{ mg kg}^{-1}$  감소한 경향이 있었다. 유사한 발아로 인한 총 tocopherol 감소 경향이 적미와 흑미에서 나타났는데, 적미의 경우는 발아 전  $4.03 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 발아 후  $3.63 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로, 흑미의 경우는 발아 전  $5.5 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 발아 후  $4.6 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 나타나 비록 통계적 유의성은 없었으나 감소하는 경향이 있었다. 반면 녹미의 경우 발아 전후의  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - 및 총 tocopherol 함량은 각각 발아 전  $3.57 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $0.07 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $0.32 \text{ mg kg}^{-1}$ , 및  $3.96 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 발아 후에 각각  $4.04 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $0.06 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $0.38 \text{ mg kg}^{-1}$  및  $4.48 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 총 tocopherol함량을 기준할 때 약 13% 높아지는 경향을 나타내기는 하였으나 역시 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 현미의 종류별 발아 후 총 tocopherol 함량은 발아일반현미( $4.91 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아흑미( $4.64 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아녹미( $4.48 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아적미( $3.64 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아찹쌀현미( $3.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 순으로 높게 나타났다.

### Tocotrienol류의 발아전후 변화

발아 전후의 총 tocotrienol 함량 변화를 5 종류의 현미를 대상으로 평가한 결과 tocopherol에서와 유사하게 벼의 종류에 상관없이 통계적 유의성은 없었으나 약 10%씩 감소하



**Fig. 1.** GC chromatogram of authentic standards and germinated brown rice sample. Peak numbers indicates target compounds as follows: 1. squalene, 2.  $\delta$ -tocopherol, 3.  $\beta$ -tocopherol, 4.  $\gamma$ -tocopherol, 5.  $\delta$ -tocotrienol, 6.  $\alpha$ -tocopherol, 7.  $\beta$ -tocotrienol, 8.  $\gamma$ -tocotrienol, 9. campesterol, 10.  $\alpha$ -tocotrienol, 11. stigmasterol, 12.  $\beta$ -sitosterol.

는 경향을 나타내었다.

Isomer별로 tocotrienol의 발아 전후 함량 변화를 살펴볼 때  $\alpha$ -tocotrienol의 경우 발아 전후간에 3-30%의 감소하는 경향을 보였는데, 감소경향은 찹쌀현미가 가장 크게 나타나 발아 전  $2.97 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 발아 후  $2.07 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 30%의 감소를 보였으며 그밖에 현미(18%) > 흑미(12%) > 적미(10%) > 녹미(3%) 순으로 나타났다. Tocotrienol중 구성 비율이 가장 높은  $\gamma$ -tocotrienol의 경우  $\alpha$ -tocotrienol보다는 작은 발아전후 변화를 보여 찹쌀현미에서 발아 전  $6.37 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 발아 후  $4.84 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 26%의 감소경향을 나타내었고, 그 밖의 현미들은 흑미(10%), 녹미(5%), 현미(2%), 적미(1%) 등 10% 미만의 변화를 보였다. 한편  $\delta$ -tocotrienol의 경우는 유일하게 발아 과정 중 증가 경향을 나타낸 isomer였는데 적미(28%) > 흑미(20%) > 현미(15%) > 찹쌀현미(14%)

> 녹미(8%) 등 모든 종류의 현미에서 발아 후 증가 경향을 나타내었다. 그러나 통계적 유의성은 인정되지 않았으며, 전체 tocotrienol의 조성비율로 볼 때  $\alpha$ -tocotrienol은 3%정도를 차지하고 있어 단일 isomer별로 나타난 발아 후 증가는 전체 tocotrienol 함량의 증가로 나타날 수는 없었다. 한편 발아현미 종류별 총 tocotrienol 함량은 발아흑미( $12.48 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아일반현미( $10.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아적미( $9.22 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아찹쌀현미( $8.31 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아녹미( $6.76 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 순으로 나타났으며, tocopherol류와 tocotrienol류를 합한 총 vitamin E 함량은 tocotrienol함량 순서와 유사하게 발아흑미( $16.44 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아일반현미( $15.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아적미( $12.74 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아녹미( $11.08 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아찹쌀현미( $10.31 \text{ mg kg}^{-1}$ )의 순으로 높게 나타났다.

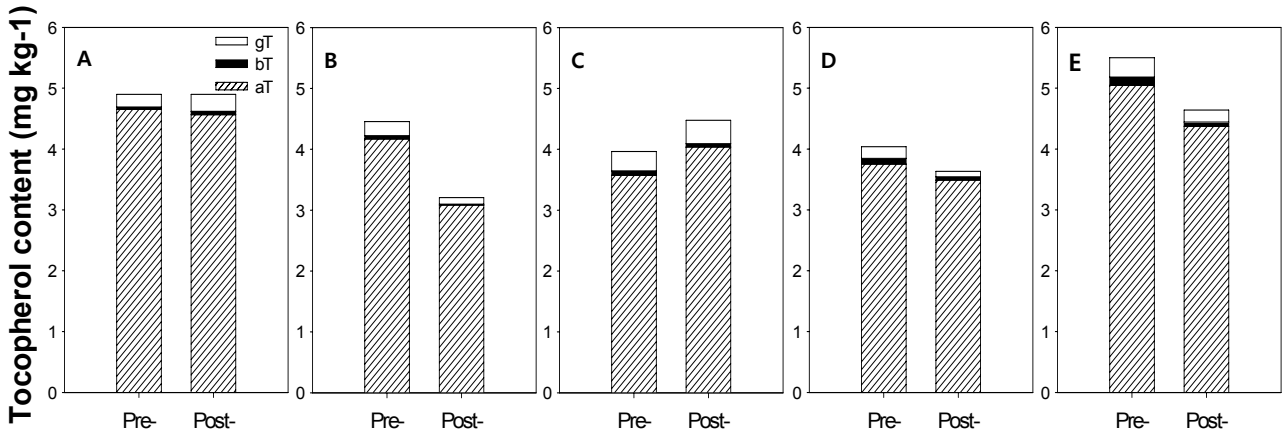


Fig. 2. Pre- and post-germination changes in  $\alpha$ -,  $\beta$ -, and  $\gamma$ -tocopherol contents of ordinary (A), glutinous (B), green (C), red (D), and black (E) -colored rice.

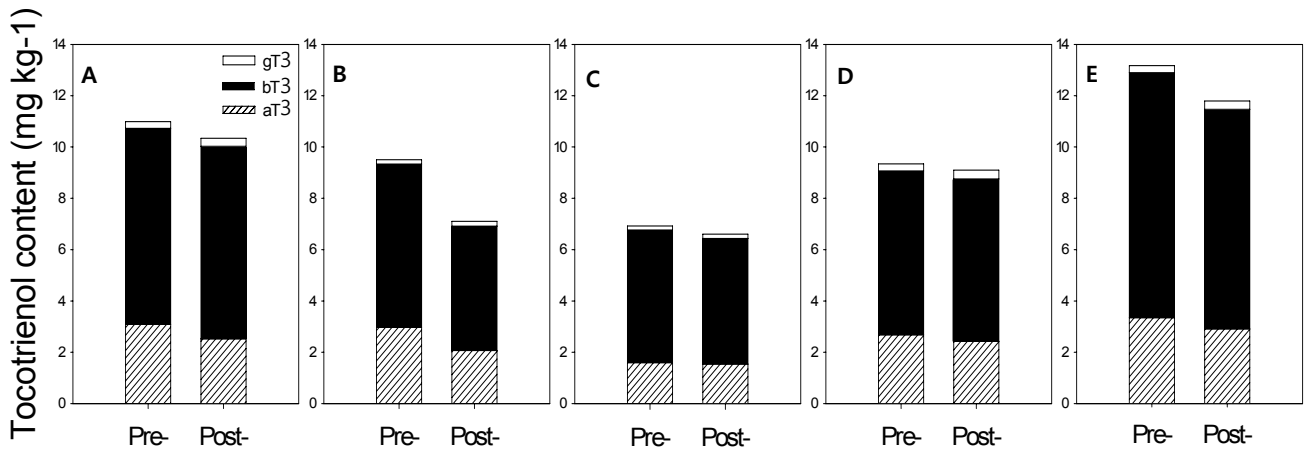


Fig. 3. Pre- and post-germination changes in tocotrienol contents of ordinary (A), glutinous (B), green (C), red (D), and black (E) -colored rice.

### Squalene 함량의 발아전후 변화

현미 종류별로 발아 전후의 squalene 함량변화를 살펴본 결과 발아잡쌀현미의 경우 발아 전  $22.62 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 발아 후  $29.65 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 발아전보다 31%( $7.03 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 뚜렷한 증가를 나타내었다(Fig. 4). 한편 일반현미의 경우 발아 전후에 각각  $16.27 \text{ mg kg}^{-1}$  및  $18.00 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 발아일반현미에서  $1.73 \text{ mg kg}^{-1}$ (11%) 증가하는 경향을 보였으며, 발아 적미에서도 유사한 발아과정 중 squalene 증가 경향(9%) 관찰되었다. 반면 발아흑미는 발아 전후에 동일한 수준의, 그리고 녹미의 경우는 발아로 인하여 발아 전  $26.46 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서  $23.07 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 13% 감소하는 경향을 보였다. 그러나 잡쌀현미를 제외한 발아 전후의 squalene 함량의 변화는 모두 통계적 유의성이 인정되지 않아 발아 과정으로 인한

squalene의 뚜렷한 증가, 혹은 감소는 나타나지 않는 것으로 판단되었다. 한편 발아의 과정과 무관하게 5종류의 현미 종류별 squalene 함량을 비교한 결과, 발아 후를 기준으로 발아적미( $34.22 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아잡쌀현미( $29.65 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아녹미( $23.07 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아흑미( $20.44 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > 발아일반현미( $18.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 순으로 나타나 일반적으로 기능성 쌀로 알려진 벼들에서 다소 높은 함량의 squalene이 포함된 것으로 나타났다.

### Phytosterol류 함량의 발아전후 변화

Phytosterol류 중에 가장 높은 함량을 나타낸 sitosterol은 잡쌀현미의 경우 발아 전  $64.66 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 발아 후  $68.98 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 발아 과정 중 7%가 증가하는 경향을 나타내었으

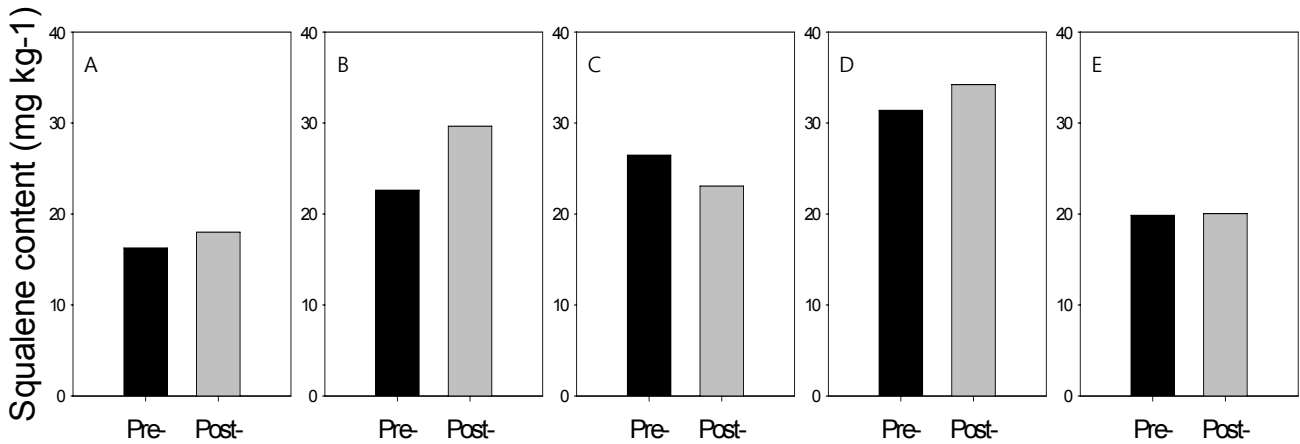


Fig. 4. Pre- and post-germination changes in squalene contents of ordinary (A), glutinous (B), green(C), red (D), and black (E)-colored rice.

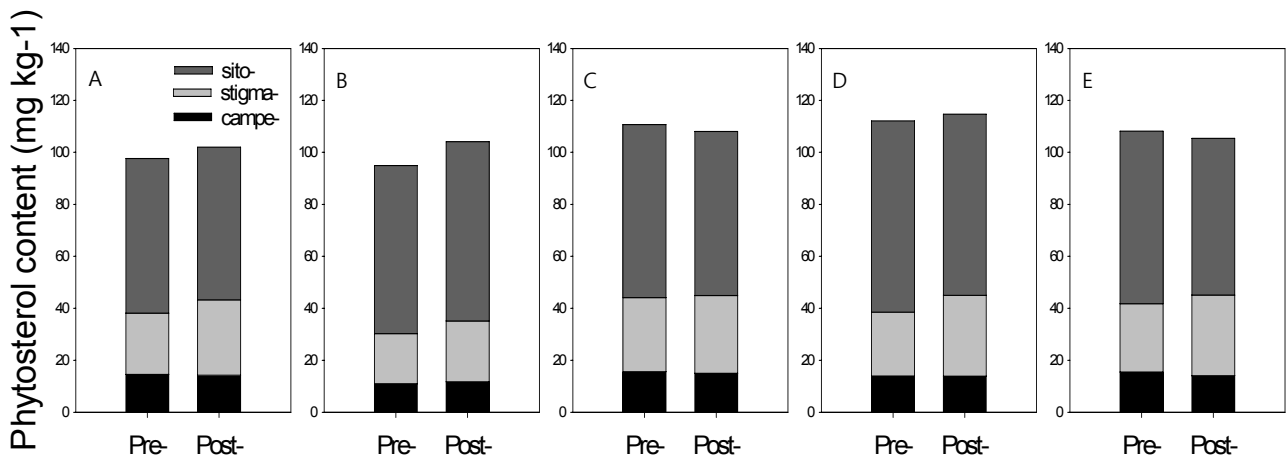


Fig. 5. Pre- and post-germination changes in sitosterol, stigmasterol, and campesterol contents of ordinary (A), glutinous (B), green(C), red (D), and black (E) -colored rice.

나 일반현미의 경우는 발아 전후 각각 59.51 mg kg<sup>-1</sup>, 58.77 mg kg<sup>-1</sup>로 1% 이내의 유사한 수준을 나타내었다. 한편 녹미는 발아 전 66.60 mg kg<sup>-1</sup>에서 발아 후 63.04 mg kg<sup>-1</sup>로 5% 감소경향을, 적미의 경우도 73.67 mg kg<sup>-1</sup>에서 69.71 mg kg<sup>-1</sup>로 5%, 흑미의 경우 또한 66.39 mg kg<sup>-1</sup>에서 60.39 mg kg<sup>-1</sup>로 9% 발아로 인하여 함량이 감소하는 경향을 나타내었다.

Campesterol은 모든 종류의 현미에서 발아 전 대비 91-107% 수준의 함량을 나타내어 발아 과정 중 가장 변화가 작은 phytosterol류임을 알 수 있었다.

한편 stigmasterol은 모든 종류의 현미에서 발아로 인하여 5-27%의 증가를 나타내었는데, 이러한 stigmasterol 함량의 증가는 녹미를 제외한 모든 종류의 현미에서 발아 전 대비 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. Stigmasterol 증가 정도는 발아적미에서 가장 크게 나타났는데, 발아 전 24.50 mg kg<sup>-1</sup>에서 발아 후 31.10 mg kg<sup>-1</sup>으로 27%가 증가하였으며 발아일반현미(28.98 mg kg<sup>-1</sup>)는 23%, 발아찹쌀현미(23.38 mg kg<sup>-1</sup>)는 21%, 발아흑미(31.08 mg kg<sup>-1</sup>)는 19%의 발아 전 대비 증가를 보여 일반적으로 약 20% 이상의 뚜렷한 stigmasterol 함량 증가가 관찰되었으며, 가장 작은 증가를 보여 유일하게 통계적 유의성이 인정되지 않은 발아녹미의 경우도 발아 전보다 5% 증가한 29.98 mg kg<sup>-1</sup>을 나타내었다. 한편 현미, 혹은 발아 현미에 함유된 stigmasterol, campesterol, sitosterol 등 phytosterol류의 구성 비율을 살펴본 결과 현미의 종류 및 발아과정과 무관하게 campesterol은 11-15%, stigmasterol은 20-29%, sitosterol은 57-68%를 나타내 sitosterol의 구성 비율이 가장 높게 나타났으며 발아 전후의 phytosterol 조성비율의 변화는 전체의 5% 이내로 크지 않은 것으로 나타났다.

## 적 요

발아현미에 함유된 기능성 물질의 발아 전후 함량 변화를 평가하기 위하여 일반미, 녹미, 적미, 흑미, 찹쌀현미 등 5종의 현미를 대상으로 발아 전 상태 및 발아현미 제조 후 상태에서의 tocopherol 및 tocotrienol류, squalene 및 phytosterol 류 등 기능성물질 함량 변화를 평가한 본 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 비타민 E 함량은 발아전보다 발아후의 현미에서 약 10% 수준의 함량 감소가 관찰되었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

2. Squalene 함량의 경우 발아찹쌀현미는 발아 과정 중

31% 증가하는 경향이었으나 다른 종류의 현미는 발아 전후 큰 변화가 없었다.

3. Phytosterol류 중 stigmasterol은 모든 종류의 발아현미에서 발아 전 대비 5-27%의 뚜렷한 증가가 관찰되었으며, campesterol, sitosterol 및 총 phytosterol 함량은 발아 전후 간 대차 없거나 다소 감소하는 경향이였다.

4. 이상의 결과를 종합할 때, 비록 현미 종류별 차이는 있었으나 대부분의 경우 발아 현미는 발아전과 비교할 때 stigmasterol은 뚜렷한 증가를 나타내며 본 실험 분석 대상이었던 tocopherol, tocotrienol, squalene, campesterol, sitosterol 등 기능성 물질은 발아 전후 대차 없는 것으로 판단되었다.

## 인용문헌

- Autio, K. 1996. Functional aspects of cereal cell wall polysaccharides, In Carbohydrate in Food. A. C. Eliasson (ed), 227-266.
- Cho, E. J. and K. T. Lee. 2003. Analysis of phytosterols and tocopherols, and production of structured lipids from the extracted plant oils. Korean J. Food Preservation 10(3) : 370-375.
- Cho, K. S., M. S. Sung, and Y. S. Lee. 2007. Gas Chromatography-based simultaneous analysis of tocopherols, tocotrienols, squalene, and phytosterols in rice bran. Korean J. Crop Sci. 52(Suppl. 1) : 151.
- Desai, K. N., H. Wei, and C. A. Lamartiniere. 1996. The preventive and therapeutic potential of the squalene containing compound on tumor promotion and regression. Cancer. Lett. 101(1) : 93-96.
- Kohno, Y., T. Egawa, S. Itoh, S. Nagaoka, M. Takahashi, and K. Mukai, 1995. Kinetic study of quenching reaction of singlet oxygen and scavenging reaction of free radical by squalene in butanol. Biochem. Biophys. Acta. 1256(1) : 52-56.
- Koo, B. S. and J. W. Lee, 2004. Effect of phytosterol treatment on plasma lipids and glucose in rats. Korean J. Food Culture 19(4) : 429-434.
- Lee, J., K. T. Lim, J. H. Hong, C. O. Rhee, Y. B. Lee, S. M. Choi, and J. H. Chung. 2006. Effects of germinating types of water-soaking & air-exposure and chitosan treatment on brown rice germination. J. of Biosystems Eng. 31(4) : 363-368.
- Nakagawa, K. and A. Onoto. 1996. Accumulation of  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA) in the rice germ. Shokuhin and Kaihatsu 31 : 43-46.
- Okada, T., T. Sugishita, T. Murakami, H. Murai, T. Saikusa, T. Horino, A. Onoda, O. Kajimoto, R. Takahashi, and T. Takahashi. 2000. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder

- by oral administration. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.* 47 : 596-603.
- Park, H. and J. K. Kim. 2002. Effects of squalene supplementation on antioxidative capacity and blood profiles. *Korean J. Exercise Nutrition* 6(3) : 197-203.
- Storm, H. K., S. Y. Oh, B. F. Kimler, and S. Norton. 1993. Radioprotection of mice by dietary squalene. *Lipid* 28(6) : 555-559.
- Thiele, B., K. Günther, and M. J. Schwuger. 1997. Alkylphenol ethoxylates: Trace analysis and environmental behavior. *Chem. Rev.* 97 : 3247-3272.