

발아기간에 따른 벼(*Oryza sativa* L.)의 화학성분 변화

김현영¹ · 황인국² · 김태명³ · 박동식² · 김재현² · 김대중³ · 이연리⁴ · 이준수¹ · 정현상^{1*}

¹충북대학교 식품공학과, ²국립농업과학원 농식품부

³충북대학교 수의학과, ⁴대전보건대학 식품영양과

Changes in Chemical Composition of Rough Rice (*Oryza sativa* L.) according to Germination Period

Hyun Young Kim¹, In Guk Hwang², Tae Myoung Kim³, Dong Sik Park², Jae Hyun Kim²,
Dae Joong Kim³, Youn Ri Lee⁴, Junsoo Lee¹, and Heon Sang Jeong^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

²Dept. of Agrofood Resources, NAAS, Gyeonggi 441-857, Korea

³College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

⁴Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Sciences College, Daejeon 300-711, Korea

Abstract

We evaluated changes in the chemical composition of rough rice (*Oryza sativa* L.) according to germination period. Rough rice was germinated at 37°C for 8 days. Crude protein content increased from 71.67 mg/g in raw rough rice to 85.20 mg/g after 8 days of germination. Crude lipid content increased from 2.19% to 3.58% ($p < 0.05$), whereas crude ash was not significantly changed. Phytic acid content decreased from 6.25 mg/g in raw rough rice to 1.54 mg/g after 8 days of germination. Free fatty acid content increased from 0.17% to 0.32% during 8 days of germination. Major fatty acids were palmitic, oleic, and linoleic acids, and total fatty acid content increased up to 95%. Vitamin E and γ -oryzanol contents in raw rough rice were 2.94 mg/100 g and 6.47 mg/g, respectively, increased to 5.55 mg/100 g and 8.16 mg/g after 4 days of germination, and then decreased afterward. These results indicate that the optimum germination period of rough rice for increasing functional components may be 3~4 days.

Key words: rough rice, germination, chemical component, vitamin E, γ -oryzanol

서 론

벼 종자는 중량의 약 23%의 수분을 흡수하고 호흡에 필요한 산소와 여러 가지 대사과정 진행에 적당한 온도가 주어지면 종자 내 저장양분 또는 호분층에 형성된 효소들에 의해 분해되어 호흡작용, 단백질합성 및 기타 대사작용이 활발히 진행되어 발아하게 된다(1). 종자의 발아는 씨눈과 배젓에 있는 비활성상태의 DNA 유전정보와 각종 효소, 영양소 등이 외적 환경 여건이 좋아지면 활성화 되어 식물로서의 생명을 시작하는 것으로 발아 시 각종 영양소가 갖추어지게 된다(2). 곡물의 배유 부분에는 전분이 저장되어 있고 외피 부분에는 비타민 및 무기질 등의 영양성분과 flavonoid, cyanidin, phytic acid 및 ferulic acid 등 다양한 항산화 물질이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(3). 또한, 미강 부분은 식이섬유가 다량 함유되어 있으며, 혈중 콜레스테롤 저하효과, 항산화 효과 및 혈압상승 억제효과가 우수한 것으로 알려져 있다(4,5).

종자를 발아시키면 발아 전에는 적거나 없던 물질이 증가하거나 새롭게 생성되어 다양한 성분의 변화가 발생하며, 생리활성이 증가되는 것으로 알려져 있다(6). 벼의 발아에 관한 연구는 대부분 현미에 대하여 진행되어 왔으며 현미의 발아 정도에 의한 항산화활성 변화(7), 항돌연변이 작용(8), 생리활성(9), 발아음료(10) 및 제빵의 품질특성(11) 등과 같이 여러 분야에서 진행되고 있으며, 메밀(12), 들깨(13), 대두(14) 및 유채(15) 등의 종자에 대한 발아기간별 성분변화에 대한 연구도 진행되었으나 벼 자체를 발아시킨 연구는 한국산 발아 벼 추출물의 항암활성에 대한 연구(16,17)와 발아 맥류의 화학성분 변화(18)에 대한 연구가 진행되었다.

이와 같이 종자의 기능성을 향상시키기 위하여 발아처리 공정이 적용되고 있으며, 벼의 경우 현미와 전곡에 대한 발아 시 성분 변화와 생리활성 변화에 대한 연구가 진행되었지만 적당한 발아기간의 선정에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 발아전곡을 이용한 기능성 식품 소재를 개발하기 위하여 발아정도 및 발아기간에 따른

*Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

다양한 성분변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 시료는 농촌진흥청에서 2010년 재배 생산된 일반 벼인 일품벼(Ilpumbyeo, *Oryza sativa* L.)를 분양 받아 사용하였다.

벼 발아

발아는 Kim 등(16)의 방법에 따라 일품 벼 500 g을 20°C의 물로 수세하고 3일간 침지시킨 다음 발아기(TP-CB 400, EZIONE Inc., Beijing, China)로 발아시켰다. 발아 온도는 37°C, 습도는 85%로 유지하였으며, 발아기간은 2일, 4일, 6일 및 8일로 하였고 발아시키지 않은 벼를 대조구로 하였다. 발아기간별 발아된 벼는 50°C의 건조기(WFO-459PD, EYELA, Tokyo, Japan)에서 2일 동안 건조시킨 후 80 mesh로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

발아 전후 벼의 일반성분은 AOAC 방법(19)에 따라 측정하였다. 조회분은 550°C 직접 회화법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 그리고 조단백질은 semi-micro Kjeldhal 법으로 측정하였다.

유리지방산 함량 분석

유리지방산 분석은 추출된 지방 0.1 g에 5 mL chloroform을 첨가하고 2.5 mL 구리시약(1 M triethanolamine/ 1 M acetic acid/ 6.5%(w/v) cupric nitrate trihydrate 9:1:10, vol/vol/vol)을 첨가한 후 2분간 혼합하였다. 반응 용액은 55×g으로 5분간 원심분리한 후 chloroform층 3 mL에 0.5 mL sodium diethyldithiocarbamate/2-butanol(0.1% wt/vol)을 첨가하여 반응시킨 후 440 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 유리지방산 함량은 linoleic acid 당량으로 나타내었다.

지방산 분석

지방산 분석은 추출된 조지방 0.5 g에 반응시약(methanol : heptane : benzene : 2,2-dimethoxypropane : sulfuric acid = 37:36:20:5:2(v/v)) 2 mL을 넣고 80°C에서 20분간 반응시킨 후 상등액을 질소 농축하여 hexane에 용해시켜 지방산 분석 시료로 사용하였다(20). 지방산 분석은 가스크로마토그래피(Agilent 6850 GC, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 사용하였고 column은 HP-INNOWAX(30 m×0.25 mm, 0.25 μm, Agilent Technologies), 검출기는 flame ionization detector를 사용하였다. 주입구 온도는 250°C, 검출기 온도는 300°C로 하였으며, 오븐 온도는 120°C에서 5분간 유지한 후 분당 5°C씩 230°C까지 올려 5분간 유지하였다. Carrier gas는 N₂(99.999%)를 사용하였으며, 유속은 1.3 mL/min으로 최종 주입되는 양은 1 μL이었다. 지방산

조성은 peak area의 상대적인 비로 나타내었다.

Phytic acid 분석

발아 전후 벼의 phytic acid 함량은 Haung와 Lantzsch(21)의 방법에 따라 측정하였다. 시료에 2.0% HCl-10% Na₂CO₃ 용액 50 mL을 첨가하여 실온에서 3시간 동안 교반 추출하였다. 이 용액을 여과(Whatman paper, No.4)한 후 FeCl₃ 용액 12 mL을 첨가하여 75분간 100°C에서 가열하였다. 가열 후 실온에서 20분 동안 냉각한 다음 120×g에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 여과(11 μm, Whatman)한 후 50 mL로 정용하였다. 상층액 4 mL을 취한 다음 wade reagent[0.03g FeCl₃·6H₂O와 0.3g sulfosalicylic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 증류수 100 mL로 용해] 1 mL을 첨가하여 10분간 반응시키고 500 nm에서 흡광도를 측정하였다.

비타민 E 및 γ-oryzanol 추출

발아 전후 벼를 균질화한 후 약 5 g 정도를 취하여 80°C의 증류수 4 mL와 isopropanol 10 mL를 가한 후, 시료 내 수분 제거를 위하여 약 5 g 정도의 무수 MgSO₄를 첨가하였다. 여기에 25 mL의 0.01% BHT를 함유하고 있는 추출용매(n-hexane : ethyl acetate, 90:10, v/v)를 가한 후, Polytron homogenizer[®](Brinkmann Co., Westbury, NY, USA)를 이용하여 1분간 추출하였다. 추출물은 Bell jar filtration 장치(Pyrex[®], Lowell, MA, USA)를 이용하여 균질화된 시료를 여과시킨 후, 남은 잔여물에 isopropanol 5 mL와 추출 용매 30 mL를 가하여 재추출하고 여과하였다. 여과액은 100 mL 메스플라스크로 옮긴 후 추출용매로 정용하고 추출물 2 mL을 취하여 질소가스로 농축시켜 이동상 용매 1 mL에 재용해시켰다. 이 용액을 0.45 μm nylon membrane filter로 여과한 후에 HPLC로 분석하였다(22).

비타민 E 및 γ-oryzanol 함량 분석

비타민 E 함량 분석을 위한 HPLC 장치로는 Solvent Delivery Pump M930(Young-Lin Inc., Seoul, Korea)와 model LC305 형광 검출기(Thermo Separation Products Inc, Carlsbad, CA, USA)를 이용하였으며, 분석 칼럼은 Merck(Darmstadt, Germany)로부터 LiChrosphere[®] Diol 100 column(250×4 mm, i.d. 5 mm)을 사용하였다. 형광검출기의 파장은 excitation wavelength는 290 nm, emission wavelength는 330 nm를 이용하였으며 이동상은 1.3%의 isopropanol을 함유한 n-hexane으로 유속은 1.0 mL/min였으며 시료 주입량은 20 μL로 하였다(21). γ-Oryzanol 함량 분석을 위한 HPLC 장치로는 Solvent Delivery Pump M930(Young-Lin Inc.)와 model LC305 UV 검출기(Thermo Separation Products Inc.)를 이용하였으며, 분석 칼럼은 Merck로부터 LiChrosphere[®] Diol 100 column(250×4 mm, i.d. 5 mm)을 사용하였다. 검출기 파장은 325 nm를 이용하였으며 이동상은 10% methanol을 함유한 acetonitrile으로 유

속은 1.0 mL/min이었으며 시료 주입량은 20 μ L로 하였다 (22).

통계분석

통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Ver 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program 을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하였으며 분산분석을 실시한 후 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 변화

발아기간에 따른 일반성분 함량 변화는 Fig. 1~3에서 보는 바와 같이 조단백질은 발아 0일부터 발아 8일까지 71.67 mg/g에서 85.20 mg/g으로 지속적으로 증가하였으며($p < 0.05$), 조회분은 발아 0일의 4.51%에서 발아 8일의 4.48%로 약간 감소를 보였지만 유의적이지는 않았다($p > 0.05$). 조지방 함량은 발아 0, 2, 4, 6 및 8일에 각각 2.19, 2.39, 2.57, 2.85

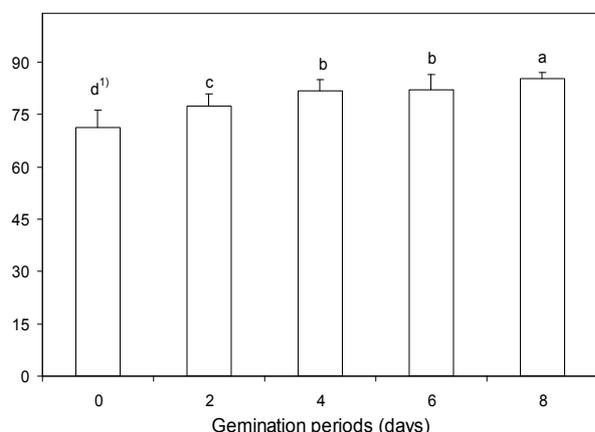


Fig. 1. Changes of crude protein contents in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. ¹⁾Means with the different letters (a-d) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

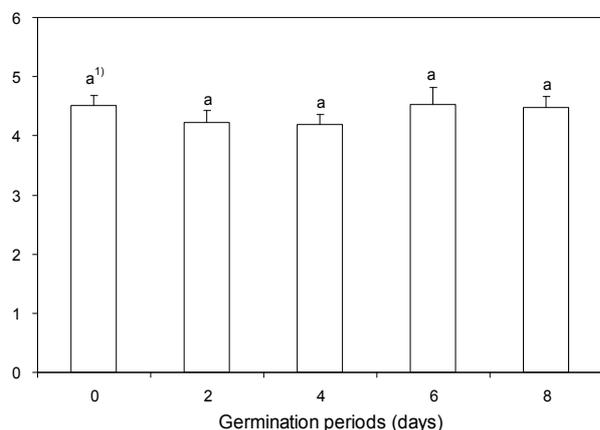


Fig. 2. Changes of crude ash contents in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. ¹⁾Means with the same letters are not significantly different at $p > 0.05$ by Duncan's multiple range test.

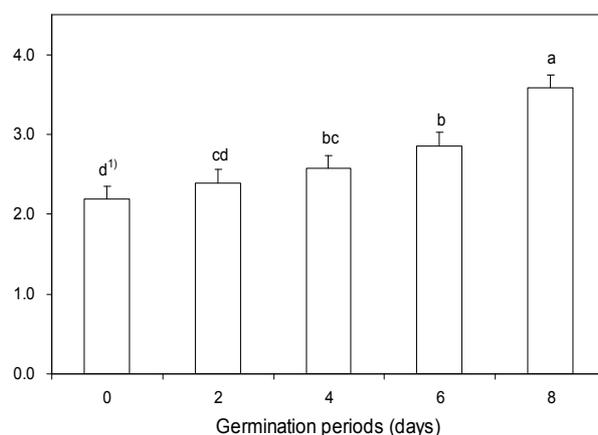


Fig. 3. Changes of crude lipid contents in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. ¹⁾Means with the different letters (a-d) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

및 3.58%로 발아기간이 증가할수록 증가하였다($p < 0.05$). 메밀을 7일간 발아시키면서 성분변화를 관찰한 연구에서는 조지방 함량은 발아기간 중에 큰 변화가 나타나지 않은 것으로 보고되어 본 연구와 다소 차이가 있었으나, 조단백질은 증가하였고 조회분은 미량 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다(23). 또한 대두(24)와 녹두(25)에 대한 연구에서도 조단백은 발아기간이 경과할수록 증가하며, 조회분은 큰 변화가 없었다는 결과와 일치하였다. 이처럼 발아 중 영양성분 함량이 경시적으로 증가하게 되는 것은 각종 대사에 관여하는 효소들의 활성도가 증가됨에 따라 식물체내에서 다양하게 합성이 이루어졌기 때문이라 생각된다(26).

Phytic acid 함량

발아기간에 따른 phytic acid 함량 변화를 나타낸 Fig. 4를 살펴보면 발아기간의 증가에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 발아 0일에는 6.25 mg/g이었지만 발아가 진행됨에 따라 2, 4, 6 및 8일에는 각각 3.76, 2.60, 2.44 및 1.54 mg/g으로 유의적인 감소를 나타내었다($p < 0.05$). 콩의 발아기간별

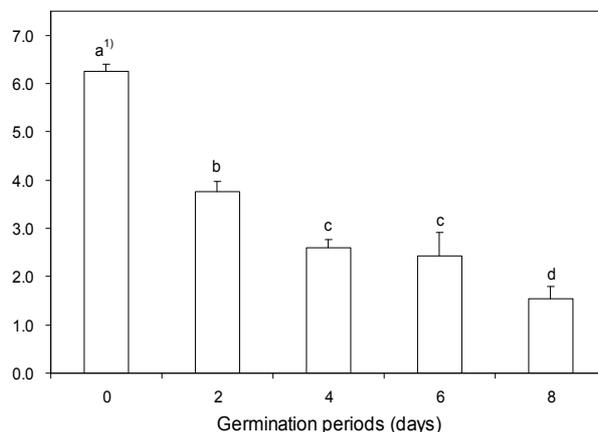


Fig. 4. Changes of phytic acid contents in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. ¹⁾Means with the different letters (a-d) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

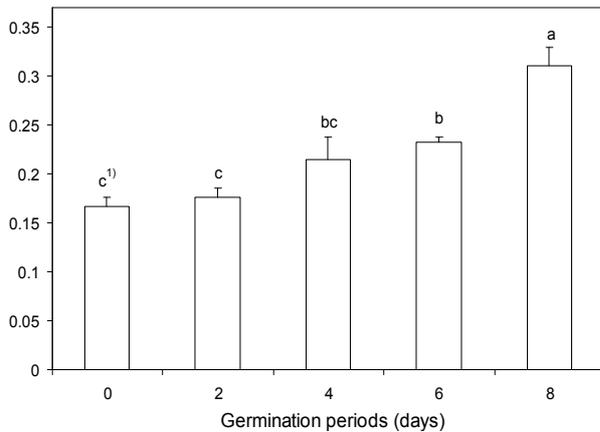


Fig. 5. Changes of free fatty acid contents in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. ¹⁾Means with the different letters (a-c) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

phytic acid와 가용성 무기물의 함량변화에 대한 Kim 등(26)의 연구에 의하면 발아 0일에는 1,264 mg/100 g의 함량을 나타냈으나 발아 후 5일에는 742 mg/100 g으로 감소한다고 하였으며, Kim 등(27)의 몇 가지 맥류에 대한 연구에서도 발아에 따라 phytic acid 함량이 감소한다고 보고하였는데 이는 발아 중 곡물 내에서 phytic acid를 분해하는 phytase의 활성이 증가하여 phytic acid의 함량이 감소하는 것으로 판단된다(28).

유리지방산 함량

지방산은 대부분이 지방질성분으로 ester형으로 존재하지만 그중에는 유리 상태로 존재하는 경우도 있으며, 식품에 있어서 유지를 구성하는 glyceride의 가수분해로 생기며, 쌀겨에서는 lipase 작용에 의해 유리지방산이 생기는 경우도 있다(29). 발아기간에 따른 유리지방산 함량 변화를 나타낸 Fig. 5를 살펴보면 발아 0일차에는 0.17%로 매우 적은 양의 유리지방산이 존재하지만 발아 2일차에는 0.18%, 4일차에는 0.21%, 6일차에는 0.23% 그리고 발아 8일차에 0.31%의 함량을 나타내어 발아가 진행될수록 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 특히 발아 2일차까지는 큰 변화를 보이지 않았으나 4일차 이후 크게 증가하는 경향을 나타내었는데 이러한 경향은 발아기간에 따른 조지방 함량의 변화와 유사하게 나타났다. 이렇게 유리지방산이 증가하는 것은 종자의 배유세포 내 저장성 지질을 발아에 필요한 에너지원으로 사

용하기 위하여 lipase 작용에 의하여 지방산과 glycerol로 전환되기 때문이라 생각된다(29,30).

지방산 조성

발아기간에 따른 지방산 조성 변화는 Table 1에서 보는 바와 같다. 발아기간 동안 주요 지방산은 포화지방산 가운데 palmitic acid가, 불포화지방산 중에는 oleic acid와 linoleic acid이었다. 반면 lauric acid, stearic acid 및 linolenic acid의 함량은 0.52%에서부터 2.66%로 적은 함량을 나타내었다. Oleic acid는 발아기간이 길어질수록 39.93%에서 37.44%로 약간의 감소를 보였으며, linolenic acid 또한 발아기간이 길어질수록 1.16%에서 0.52%로 감소하였다. 발아기간에 상관없이 palmitic acid, oleic acid 및 linoleic acid가 지방산 조성의 95% 이상을 차지하였는데 이는 Son 등(29)의 결과와 유사하였다. 메밀의 발아과정중 지방산의 변화를 살펴본 연구에서도 palmitic acid, oleic acid 및 linoleic acid가 주요 지방산으로 보고하였으며, 0일에서 7일간의 발아기간 동안 지방산의 변화가 크지 않다는 보고(30)와 유사한 경향을 나타내었다.

비타민 E 함량

발아기간에 따른 비타민 E 함량 변화는 Table 2에서 보는 바와 같이 α -, β - 및 γ - 세 가지 이성체가 검출되었다. 총 비타민 E는 발아 초기에 서서히 증가하다가 발아 4일차에 5.55 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 그 이상의 발아기간에는 감소하였다. α -, β - 및 γ - 이성체 역시 총 비타민 E와 유사한 경향을 나타내었다. 발아 초기에는 γ -tocotrienol이 α -tocotrienol보다 더 빠르게 증가하였으며, tocotrienol의 증가보다는 tocopherol의 증가 속도가 더 크게 나타났다. β -이성체는 발아 전에 검출되지 않았지만 발아 4일 경과 후에는 증가하는 것으로 나타났다. 비타민 E는 항산화제로서 식물체내에 있는 polyphenol과 작용하여 상승적으로 성장을 조절하는 효과를 나타내며, 비타민 E 첨가 농도가 높아질수록 발아율이 증가한다는 보고(31)에서 볼 수 있듯이, 비타민 E는 일종의 성장 촉진제로서 작용하는 것으로 생각된다. 본 실험결과 비타민 E 함량이 발아 4일까지는 증가하였다 그 이후에 감소하는 것은 벼 싹이 어린잎으로 자라기 전 생리적 대사물질로 비타민 E가 합성되었다가 발아시간이 길어짐에 따라 어린잎의 성장이 진행되면서 식물성장

Table 1. Fatty acid compositions of rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods

(unit: %)

	Germination periods (days)				
	0	2	4	6	8
Lauric acid (C12:0)	0.81 ± 0.093 ^{NS1)}	0.98 ± 0.031	0.95 ± 0.047	1.40 ± 0.024	0.86 ± 0.069
Palmitic acid (C16:0)	22.05 ± 0.534 ^{NS}	21.51 ± 0.694	23.53 ± 0.468	25.97 ± 0.813	25.20 ± 0.346
Stearic acid (C18:0)	1.86 ± 0.03 ^{NS}	1.98 ± 0.029	1.88 ± 0.078	2.65 ± 0.066	2.66 ± 0.034
Oleic acid (C18:1)	39.93 ± 0.946 ^{NS}	38.73 ± 1.065	38.42 ± 0.096	38.09 ± 0.546	37.44 ± 1.079
Linoleic acid (C18:2)	34.19 ± 1.468 ^{NS}	35.05 ± 2.345	33.59 ± 2.976	30.71 ± 2.345	33.32 ± 1.091
Linolenic acid (C18:3)	1.16 ± 0.021 ^{NS}	1.76 ± 0.031	1.62 ± 0.066	1.18 ± 0.046	0.52 ± 0.020

¹⁾Not significant.

Table 2. Vitamin E contents of rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods (unit: mg/100 g)

	Germination periods (days)				
	0	2	4	6	8
α-T	0.60±0.046	0.89±0.003	4.68±0.169	1.05±0.032	0.60±0.079
α-T3	0.39±0.067	0.66±0.002	0.32±0.003	0.87±0.023	0.23±0.013
β-T	—	0.10±0.009	0.23±0.097	0.05±0.001	0.09±0.027
β-T3	—	0.02±0.041	0.08±0.001	0.05±0.000	0.02±0.006
γ-T	—	—	0.14±0.002	0.10±0.007	0.10±0.002
γ-T3	1.90±0.055	2.05±0.017	1.55±0.017	1.04±0.003	0.37±0.007
Total vitamin E	2.94±0.094 ⁽¹⁾	3.74±0.311 ^b	5.55±0.375 ^a	3.14±0.042 ^b	1.42±0.078 ^d

¹⁾Any means followed by different letters are significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

촉진제와 상승작용에 활용되기 때문인 것으로 생각되며, 비타민 E는 발아 중 식물의 성장과 생리대사 작용에 관여하는 것으로 생각된다(32).

γ-Oryzanol 함량

발아기간에 따른 γ-oryzanol 함량 변화도 vitamin E와 마찬가지로 발아 4일차까지는 증가하다가 그 이후에는 감소하였다(p<0.05). Fig. 6에서 보는 바와 같이 발아 전 0일차에는 6.47 mg/g의 함량을 나타내었지만 발아 4일차에는 8.16 mg/g으로 증가하였으며, 발아 6일 및 8일차에는 각각 7.15 및 6.81 mg/g으로 감소하였다. 한국산 벼의 발아 전후 생리활성 변화를 분석한 Lee 등(6)의 연구에서도 발아 전 3.48~4.85 mg/g의 함량을 나타내었지만 발아 후에는 5.55~7.36 mg/g의 범위로 증가하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 비타민 E와 마찬가지로 발아 벼 싹이 어린잎으로 자라기전 생리적 대사물질로 γ-oryzanol이 합성되었다가 어린잎의 성장이 진행되면서 식물성장 촉진제와 상승작용에 활용되기 때문인 것으로 생각된다. 이상의 결과로부터 비타민 E와 γ-oryzanol은 발아 중 식물의 성장과 생리대사 작용에 관여하는 것으로 생각되며(32) 따라서 발아 벼를 이용하여 기능성식품 소재를 개발할 경우 발아기간을 적절하게 선정하여 생리활성 물질들(비타민 E와 γ-oryzanol)의 함량이 높은 시료를 사용해야 될 것으로

판단된다.

요 약

본 연구에서는 벼의 적당한 발아기간을 선정하기 위하여 발아기간에 따른 다양한 성분변화를 살펴보았다. 조단백질은 발아 0일차의 71.67 mg/g에서 발아 8일차에는 85.20 mg/g으로, 조지방은 2.19%에서 3.58%로 발아기간이 증가할수록 증가하였으나(p<0.05) 조회분은 큰 차이를 보이지 않았다. Phytic acid는 발아가 진행됨에 따라서 6.25 mg/g(0일차)에서 1.54 mg/g(8일차)으로 많은 감소를 보였으며(p<0.05), 유리지방산은 0.17%에서 0.32%로 증가하였다. 발아 벼의 지방산은 oleic acid(C18:1)가 가장 많았으며, 발아기간의 증가에 따라 약간의 감소를 보였으나 유의차는 없었다(p>0.05). 비타민 E와 γ-oryzanol은 발아 0일차에 각각 2.94 mg/100 g 및 6.47 mg/g에서 발아 4일차에 5.55 mg/100 g 및 8.16 mg/g으로 증가하였다가 그 이후에는 감소하였다. 본 연구 결과 기능성성분 함량을 높이기 위해서는 3~4일 간의 발아가 적당한 것으로 판단되며, 다양한 생리활성에 대한 추가적인 연구가 필요하리라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 아젠다과제(과제번호: 200901AFT143782462) 예산으로 추진된 연구의 일부로서 연구비를 지원해 주신 농촌진흥청에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Ko SC, Kim BK, Lee KS, Choi WY, Choi HR, Cho EA, Yun SJ. 2005. Varietal difference in enzyme activities during preharvest germination of rice. *Korean J Crop Sci* 50: 378-383.
2. Bartnick M, Szafranska J. 1987. Change in phastase content and phytase during the germination of some cereals. *J Cereal Sci* 5: 23-28.
3. Ramarathnam N, Osawa T, Namiki M, Tashiro T. 1986. Studied on the relationship between antioxidative activity of rice hull and germination ability of rice seeds. *J Sci Food Agric* 37: 719-726.
4. Saunder RM. 1990. The properties of rice bran as a food

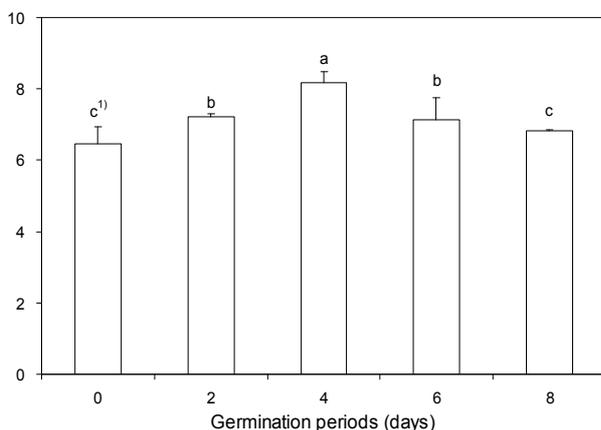


Fig. 6. Changes of γ-oryzanol contents in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. ¹⁾Means with the different letters (a-c) are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

- stuff. *CFW* 35: 632-636.
5. Andreason MF, Christensen LP, Meyer AS, Hansen A. 2000. Release of hydrodynamic and hydrobenzoic acid in rye by commercial plant cell degrading enzyme preparation. *J Sci Food Agric* 79: 411-413.
 6. Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. *Food Sci Biotechnol* 16: 1006-1010.
 7. Kang BR, Park MJ, Lee HS. 2006. Germination dependency of antioxidative activities in brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 389-394.
 8. Chun HS, Kim IH, Kim HJ. 1995. Effect of brown rice extract on mitomycin C-induced chromosome aberration in cultured CHL cells. *J Korean Food Sci Technol* 27: 1003-1007.
 9. Choi SW, Nam SH, Choi HC. 1996. Antioxidative activity of ethanolic extracts of rice brans. *Food Sci Botechnol* 5: 305-309.
 10. Kim SS, Lee WJ. 1997. Characteristics of germinated rice as a potential raw material for sikhe production. *J Korean Food Sci Technol* 29: 101-106.
 11. Choi JH. 2001. Quality characteristics of the bread with sprouted brown rice flour. *J Korean Soc Food Cookery Sci* 17: 323-327.
 12. Lee EH, Kim CJ. 2008. Nutritional changer of buckwheat during germination. *Korean J Food Culture* 23: 121-129.
 13. Ghung DS, Kim HK. 1998. Changes of protein and lipid composition during germination of *Perilla frutescens* seeds. *Korean J Life Sci* 8: 318-325.
 14. Kim JS, Kim JG, Kim WJ. 2004. Changes in isoflavone and oligosaccharides of soybeans during germination. *J Korean Food Sci Technol* 36: 294-298.
 15. Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1988. Study on the chemical change of general composition, fatty acid and minerals of rapeseed during germination. *Korean J Food Sci Technol* 20: 188-193.
 16. Kim HY, Hwang IG, Joung EM, Kim TM, Kim DJ, Park DS, Lee JS, Jeong HS. 2010. Antiproliferation effects of germinated-Korean rough rice extract on human cancer cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 325-330.
 17. Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Kim DJ, Park DS, Kim JH, Lee JS, Jeong HS. 2010. Antiproliferation effects of ethanol and water extracts from germinated rough rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1107-1112.
 18. Kim HY, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Lee CK, Lee JS, Jeong HS. 2010. Chemical components changes of winter cereal crops with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1700-1704.
 19. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 8-35.
 20. Lee JI, Kye BM. 1970. Effect of oil quality by extracting hour on rape. *Res Rept RDA (C.P)* 13: 89-94.
 21. Haung W, Lantzsch HJ. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *J Sci Food Agric* 34: 1423-1426.
 22. Lee J, Landen WO Jr, Phillips RD, Eitenmiller RR. 1998. Application of direct solvent extraction to the LC quantification of vitamin E in peanuts, peanut butter and selected nuts. *Peanut Sci* 25: 213-218.
 23. Lee MH, Son HS, Choi OK, Oh SK, Kwon TB. 1994. Changes in physico-chemical properties and mineral contents during buck-wheat germination. *J Korean Food Nutr* 7: 267-273.
 24. Lee SH, Chung DH. 1982. Studies on the effects of plant growth regulator on growth and nutrient compositions in soybean sprout. *J Korean Agric Chem Soc* 25: 75-82.
 25. Farhangi M, Valadon LRG. 1983. Effect of light acidified processing and storagd on carbohydrates and other nutrients in mung bean sprouts. *J Sci Food Agric* 34: 1251-1256.
 26. Kim WJ, Kim NM, Sung HS. 1984. Effect of germination of phytic acid soluble minerals in soymilk. *Korean J Food Sci Technol* 16: 358-362.
 27. Kim HY, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Lee CK, Lee JS, Jeong HS. 2010. Chemical components changes of winter cereal crops with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1700-1704.
 28. Lee WJ. 1989. Phytic acid content and phytase activity of barley. *J Korean Soc Food Nutr* 18: 40-46.
 29. Son SJ, Keum JW, Lee MH, Jeong JH, Oh MJ. 1996. Chemical properties and fatty acid composition of layers of rice grain. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 497-503.
 30. Kwon TB. 1994. Changes in rutin and fatty acids of buck-wheat during germination. *Korean J Food Nutr* 7: 124-127.
 31. Tanczos OG. 1982. Effect of α -tocopherol on growth membrane-bound adenosine triphosphatase activity of the root, membrane fluidity and potassium uptake in rice plants. *Physiol Plant* 55: 289-295.
 32. Kim IS, Han SH, Han KW. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1058-1062.

(2011년 6월 20일 접수; 2011년 8월 24일 채택)