

발아와 고압처리에 따른 벼(*Oryza sativar* L.) 추출물의 효소저해활성

김민영 · 이상훈 · 장귀영 · 박혜진 · Li Meishan · 김신제¹ · 이연리² · 이준수 · 정현상*
충북대학교 식품공학과, ¹(주)에프엔피, ²대전보건대학 식품영양과

The Enzyme Inhibitory Activity of Ethanol Extracts Derived from Germinated Rough Rice (*Oryza sativar* L.) Treated by High Pressure

Min Young Kim, Sang Hoon Lee, Gwi Young Jang, Hye Jin Park, Li Meishan, Shinje Kim¹,
Youn Ri Lee², Junsoo Lee, and Heon Sang Jeong*

Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

¹Center for Fungi and Plant Genome Research, FnP Corp.

²Department of Food and Nutrition, Daejeon Health Sciences College

Abstract We evaluated the enzyme inhibitory activity of germinated rough rice (*Oryza sativar* L.) treated by high pressure (30 MPa) for 24 h (HP24) and 48 h (HP48). In rice germinated for 1 day, the α -glucosidase inhibitory activity reached its highest level, 68.32%, at HP48. The α -amylase inhibitory activity increased from 32.66-57.00% at HP0, to 43.67-74.82% at HP48. On the other hand, the inhibitory activity of angiotensin-converting enzyme increased from 27.98% to 49.42% over the course of the second day of HP48. The inhibitory activity of xanthine oxidase peaked of 67.51% at HP48 and subsequently decreased. Lipase inhibitory activity increased from 24.04-47.91% at HP0, to 29.62-64.63% at HP48. These results provide useful information for the use of germinated rough rice as a functional food material and demonstrate that high-pressure treatment during the germination process efficiently increase enzyme inhibitory activity.

Keywords: rough rice, germination, high-pressure treatment, enzyme inhibitory activity

서 론

벼는 우리나라를 비롯한 아시아 지역에서 하루 열량의 절반이상을 섭취하고 있는 중요한 곡류이며(1), 최근 건강에 대한 인식이 높아짐에 따라 발아종자를 대체 건강식품으로 전환 및 가공시키는 연구가 많이 진행되고 있다(2,3). 특히 벼를 발아시킬 경우 썩는 부분이 발아되면서 단백질과 아미노산, 지방산, 탄수화물, 비타민, 미네랄, 식이섬유 등이 변화하며, γ -oryzanol이나 arabinoxylan, GABA 및 vitamin E 등의 생리활성 성분들도 증가하고, 발아 중에 효소가 활성화됨으로서 영양성분들의 체내 흡수가 용이하게 되는 것으로 알려져 있다(4). 이에 따라 벼와 현미의 발아에 따른 유용성분 및 생리활성의 변화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 벼 전곡을 발아시킨 연구는 발아기간에 따른 벼의 화학성분 변화(5), 발아기간과 부위에 따른 벼 추출물의 항산화 및 항암활성 변화(6,7) 그리고 발아기간에 따른 부위별 벼 추출물의 효소저해활성(8)에 대한 연구들이 진행되었다.

식품산업 및 제약산업의 소재개발에 많이 적용하는 고압처리 기술은 10-1,000 MPa의 압력을 이용하는 비가열처리 가공기술 중

의 하나이며, 세포막 및 세포벽의 구조적 변화, 생화학적 반응, 효소반응속도에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(9). 고압처리는 구조적으로 유연한 식물체 내의 세포 변형, 세포막 손상 및 단백질 변성과 같은 변화를 발생시켜 유용성분의 용출성 및 용해성을 향상시킬 수 있으며(10), 100 MPa 이상의 압력에서는 단백질의 구조적 변화에 따라 효소가 불활성화 되지만, 100 MPa 이하의 압력에서는 기질의 변성, 효소구조의 안정화, 효소와 기질의 결합력향상 등에 따라 효소반응속도가 촉진되기 때문에(11,12), 고압처리에 따른 효소적 가수분해효율을 증가시키는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 이와 같이 다양한 식물체의 유용성분 생리활성을 증대시키고자 발아와 고압처리공정을 이용한 가공 및 전환기술에 대하여 연구되고 있지만, 벼 추출물의 성인병 예방효과를 증대시키기 위한 발아 및 고압의 병행처리기술의 적용에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 일정기간 동안 발아시킨 벼를 30 MPa의 압력 하에서 고압처리를 실시하고, 발아기간 및 고압처리시간에 따른 성인병 관련 효소저해활성의 변화에 대해 조사함으로써 고압처리공정이 발아 벼 추출물의 성인병 관련 효소저해활성에 미치는 효과에 대하여 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 발아

실험에 사용된 벼는 2011년도에 충북 증평군에서 생산된 일품 벼(*Oryza sativa* Linne)이며, 발아는 Kim 등(6)의 방법에 따라 벼 500 g을 20°C의 물로 수세하고 3일간 침지시킨 다음 발아기(WGC

*Corresponding author: Heon Sang Jeong, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

Tel: 82-43-261-2570

Fax: 82-43-271-4412

E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr

Received September 30, 2013; revised November 11, 2013;

accepted November 14, 2013

450, Dahan Inc., Seoul, Korea)에서 발아시켰다. 발아 온도는 37°C, 습도는 85%, 1일 3회씩 10분간 물을 분주하였다. 발아기간은 1일에서 6일로 하였고, 발아시키지 않은 버를 대조군으로 하였다.

가압처리

가압은 냉각수 순환장치가 연결된 기체가압식 압력처리 장치 (Non-stirred Autoclave System, Ilsin Autoclave Inc., Daejeon, Korea)를 이용하였으며, 압력용기 내부의 온도는 발아조건과 동일한 37°C에서 유지되도록 하였다. 0-6일간 발아시킨 버를 발아일수별로 각각 알루미늄호일필름(Newpack, Seoul, Korea)에 10g 단위로 진공포장한 후 30 MPa의 압력에서 24 및 48시간 동안 처리 하였다. 압력 내부 용기의 용량은 2L이며, 압력 용기 안에 비압축성 유체인 물을 넣고 압력을 가하는 방식으로 가압처리를 실시하였다. 발아 및 고압처리 한 버는 50°C의 열풍건조기(WFO-459PD, Eyela Co., Tokyo, Japan)에서 2일간 건조시킨 다음 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

추출물 제조

건조된 각각의 시료는 시료 중량 대비 10배량의 80% 에탄올(v/v)을 첨가하여 실온(25°C)에서 1시간동안 3회 반복하여 초음파추출(Ultrasonic Cleaner SD-350H, Seong Dong, Seoul, Korea)하고, 이 추출물을 모아 감압여과 한 후 40°C에서 감압농축하여 동결건조(FD5508, Ilshin Lab Co., Ltd., Dongducheon, Korea)한 다음 -20°C에서 보관하면서 생리활성 측정용 시료로 사용하였다.

α-Glucosidase 저해활성 측정

α-Glucosidase 저해활성은 Tibbot과 Skadsen (13)의 방법에 따라 측정하였다. α-Glucosidase (0.35 U/mL)와 p-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside (1.5 mM, pNPG)는 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 7.0)에 용해하여 사용하였으며, 각각의 추출물 50 μL를 0.35 unit/mL α-glucosidase 효소액 100 μL와 혼합하여 37°C에서 10분간 전배양한 후 1.5 mM pNPG 50 μL를 가하여 37°C에서 20분간 반응시켰다. 1 M Na₂CO₃ 1 mL을 가하여 반응을 정지시킨 후 ELISA (UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 405 nm에서 흡광도를 측정하고 저해율(%)을 계산하였으며, 양성 대조군으로 acarbose (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

α-Amylase 저해활성 측정

α-Amylase 저해활성은 Lim 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 추출물 125 μL에 12 unit/mL pancreatin 기원의 α-amylase 효소액 62.5 μL, 200 mM potassium phosphate buffer (pH 6.8) 62.5 μL와 혼합하여 37°C에서 10분간 전배양한 후 1% starch를 125 μL 가하여 37°C에서 5분간 반응시켰다. 반응액에 48 mM 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS, 30% sodium potassium tartrate in 0.5M NaOH) 발색시약 125 μL를 넣고 100°C에서 15분간 끓여 발색을 시킨 후 충분히 냉각시키고, 이 반응액에 3배량의 증류수를 가한 후 ELISA (UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하고 저해율을 계산하였다.

Angiotensin converting enzyme (ACE) 저해활성 측정

각각의 추출물에 대한 ACE 저해활성은 Kwon 등(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. ACE 저해활성 측정에 사용 된 5 mM Hippuryl-His-Leu (HHL, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 기질은 0.3 M NaCl이 함유된 0.1 M potassium phosphate buffer

(pH 8.3)에 용해하였으며, 0.2 mU ACE 정제효소는 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.0)로 용해하여 사용하였다. 추출물 100 μL에 0.2 mU ACE 정제효소액 80 μL와 5 mM HHL 기질 100 μL를 가한 다음 37°C에서 60분 방치한 다음 1 M HCl 250 μL를 가하여 반응을 정지시킨 후 0.45 μm syringe filter로 여과하였으며, HPLC (ACME 9000 system, Younglin, Anyang, Korea)로 분석하여 ACE 저해율(%)을 계산하였다. 컬럼은 C-18 (Mightysil RP-18 GP column, 4.6250 mm, Kanto Chemical Co., Inc., Tokyo, Japan), 이동상은 A를 10 mM phosphoric acid (pH 2.5), B를 methanol로 사용하여 A:B의 초기비율을 100:0으로 시작하여 12분에 40:60, 19분에 0:100, 25분에 100:0의 비율로 단계적인 gradient system을 사용하였다. 유속은 1.0 mL/min으로 흘려주었고, injection volume은 20 μL, detector는 UV-detector (228 nm)를 사용하였다.

Xanthine oxidase 저해활성 측정

Xanthine oxidase 저해활성은 Stirpe와 Corte(16)의 방법에 따라 측정하였다. 각 추출물 0.1 mL와 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.5) 0.6 mL에 2 mM xanthine (Sigma-Aldrich) 0.2 mL을 첨가하고 0.2 unit/mL xanthine oxidase 0.1 mL를 가하여 37°C에서 5분간 반응 시킨 후, 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시킨 다음 반응액 중에 생성된 uric acid를 ELISA를 사용하여 흡광도 292 nm에서 측정하고 저해율을 계산하였다.

Lipase 저해활성 측정

Lipase 저해활성은 Kim 등(17)의 방법을 변형하여 측정하였다. Porcine pancreatic lipase 0.3 mg에 10 mM MOPS/1 mM EDTA (pH 6.8) 60 μL를 분주하고 100 mM Tris-HCl/5 mM CaCl₂ (pH 6.8) 800 μL를 첨가하여 enzyme buffer를 준비하였다. Enzyme buffer에 추출물 100 μL를 첨가하여 37°C에서 15분간 전배양한 후 10 mM p-NPB (Sigma-Aldrich) 40 μL를 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시켰다. p-NPB가 p-nitrophenol로 가수분해된 정도를 ELISA를 사용하여 흡광도 400 nm에서 측정하고 저해율을 계산하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리조건간의 차이 유무를 one-way analysis of variance (ANOVA)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test (p=0.05)를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

α-Glucosidase 저해활성

발아와 고압처리에 따른 버 추출물의 α-glucosidase 저해활성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같이 발아초기에는 고압처리하지 않은 대조군에 비하여 고압처리 시 높은 α-glucosidase 저해활성을 나타내었다. 대조군의 경우 발아 4일까지 발아가 진행됨에 따라 α-glucosidase 저해활성이 증가하다가 5일차부터 감소하는 경향을 나타내었는데, 0, 2, 4 및 6일차에 각각 9.55, 17.59, 59.84 및 14.52%의 저해활성을 나타내었다. 그러나 30 MPa의 압력에서 24 및 48시간 처리시 1일차와 3일차에서 각각 68.32 및 62.39%로 높았으며, 대조군 4일차의 59.84%에 비하여 높게 나타났다. α-Glucosidase는 이당류나 다당류를 소화 흡수되기 쉬운 단당류로

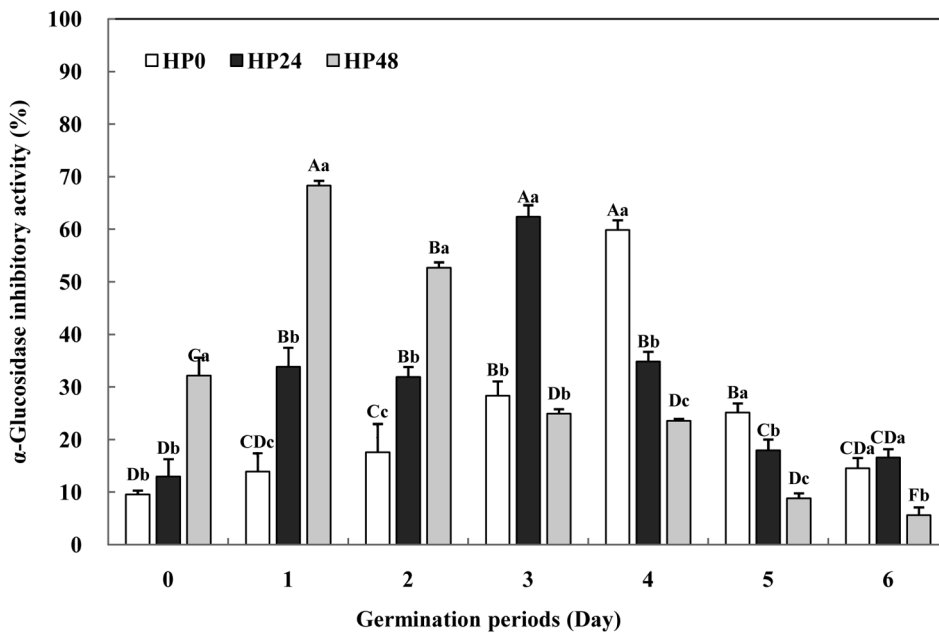


Fig. 1. α -Glucosidase inhibitory activity of rough rice extracts with germination and high pressure treatment (30 MPa, 24 and 48 h). Sample concentration is 10 mg/mL. Values are mean \pm SD of three replicates. Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p < 0.05$) among different germination periods. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p < 0.05$) among different pressure treatment time of germinated rough rice.

가수분해하는 역할을 하는데 이 효소에 대한 저해능은 탄수화물 섭취 후 혈당상승을 억제할 수 있어 항당뇨 활성측정법으로 이용된다(18). 발아가 진행됨에 따라 α -glucosidase 저해활성이 발아 4일차까지 증가한 결과는 Kim 등(8)의 연구에서도 일품 벼를 발아시켰을 때 발아 후기에 왕겨와 싹 추출물에서 우수한 저해능을 나타내었다는 결과와 유사하였으며, 이는 왕겨와 싹에서 α -glucosidase를 저해하는 물질이 발아 시 증가하여 나타난 결과라고 판단된다(6). 또한 추출방법에 따른 돼지감자 잎 추출물의 α -glucosidase 저해활성 변화에 대한 연구에서도 저온 고압 추출 시 열적손실이 적고, 가압가열, 환류냉각 및 상온교반추출에 비해 고압추출이 저해활성이 높게 나타나며(19), 압력세기가 증가함에 따라 세포막이 비가역적으로 분해됨에 따라 물질이동이 용이하게 되어 페놀화합물을 비롯한 다양한 유용성분을 쉽게 용출시킬 수 있다(20)는 연구결과로 미루어 볼 때, 본 연구에서도 고압처리에 의해 세포내의 혈당강하 물질의 추출효율이 증가되기 때문이라 판단되며, 추후 어떠한 성분이 저해활성의 증가에 영향을 주었는지에 대한 연구가 필요하다고 생각한다.

α -Amylase 저해활성

발아와 고압처리에 따른 벼 추출물의 α -amylase 저해활성 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 모든 처리구에서 발아기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 고압처리하지 않은 대조구의 경우 발아전 0일차에는 32.66% 이었지만, 발아 6일차에는 57.00%로 발아 후기에 증가하였다. 또한 발아 후 30 MPa 압력에서 24 및 48시간 처리시 발아일수에 따라 각각 35.98-62.30% 및 43.67-74.82%의 범위로 대조구에 비해 높은 저해활성을 나타내었다. α -Amylase는 α -결합의 포도당으로 되어있는 다당류에 작용하여 포도당과 엿당으로 분해하는 소화효소이며, 이러한 효소의 활성저해는 당질 가수분해와 흡수과정을 지연시킴으로 식후 혈당농도를 제한할 수 있다(21). 발아가 진행됨에 따라 α -amylase 저해활성이 유의적으로 증가하는 것은 일품벼 발

아 시 발아후기의 왕겨와 싹 추출물에서 우수한 α -amylase 저해활성을 나타낸다는 연구결과(8)와 유사하였다. 또한 고압처리에 의한 발효미강의 생리활성성분의 변화에 대한 Kim과 Han(22)의 연구에서도 100 MPa의 고압처리시 세포벽 성분 및 phenolic acid를 포함한 혈당강하 물질이 증가하며, 인삼의 고열추출 및 고압추출 비교에 대한 Lee 등(20)의 연구에서 30MPa의 가압처리 시 총 폴리페놀함량이 가장 높게 나타난다는 연구결과로 미루어 볼 때, 본 연구에서도 고압처리에 의해 세포벽 구조가 변화하고 항당뇨 관련물질의 추출율이 증가되며(23), 발아 및 고압처리 동안 세포벽 가수분해효소의 활성이 증가됨에 따라 다양한 종류의 α -amylase 관련 저해물질이 증가한 것으로 판단된다(22).

Angiotensin converting enzyme (ACE) 저해활성

발아와 고압처리에 따른 벼 추출물의 ACE 저해활성 변화를 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 고압처리 하지 않은 대조구의 경우 발아 5일차에 36.12%로 가장 높은 ACE 저해활성을 보였지만, 고압처리시 24시간 처리구는 발아 3일차에 49.42% 그리고 48시간 처리구는 발아 2일차의 47.02% 까지 증가하다가 그 이후부터는 감소하는 경향을 나타내었으며, 대조구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. ACE는 혈관벽 수축작용을 하는 angiotensin-(octapeptide)를 생성하고 혈압을 감소시키는 bradykinin을 불활성화시키는 효소이며(24), 저해제는 ACE의 작용을 저해함으로써 신장 혈관을 확장시키고, sodium의 배설을 촉진하여 혈압을 낮추어 줄 수 있다(25). 일반적으로 alanine, aspartic acid, glutamic acid, leucine 및 phenylalanine 등의 아미노산으로 구성된 저분자의 펩타이드와 유리아미노산은 ACE 저해활성기작에 관여한다고 알려져 있으며(26), 본 연구에서 발아 시 5일차 까지 ACE 저해활성이 증가한 결과는 Kim 등(8)의 연구에서 발아기간이 증가함에 따라 5일차 발아벼의 왕겨와 싹 추출물에서 가장 우수한 ACE 저해활성을 나타낸다는 결과와 유사하였다. 또한 발효미강의 고압처리에 따른 생리활성 변화에 대한 Kim과 Han(22)의 연구에

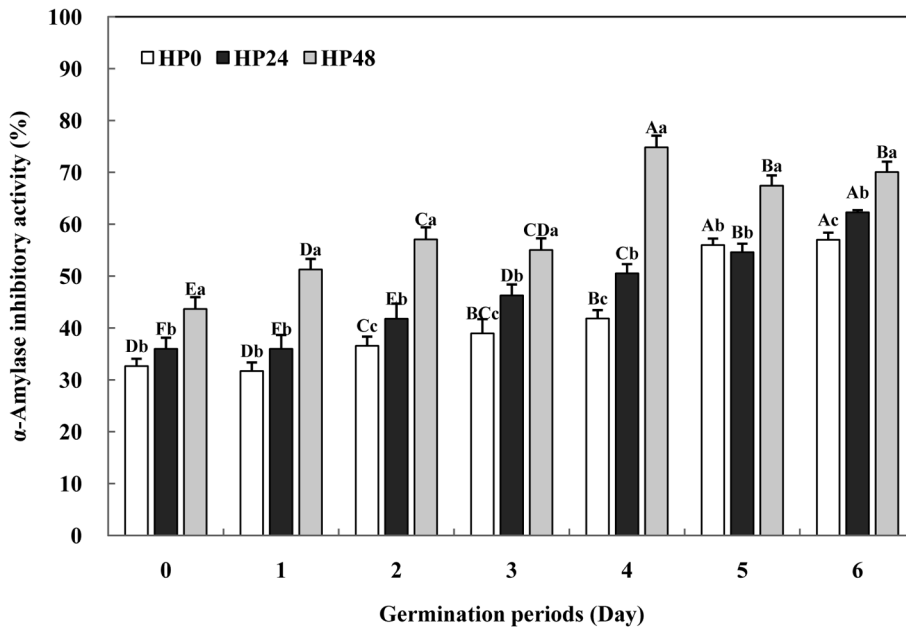


Fig. 2. α-Amylase inhibitory activity of rough rice extracts with germination and high pressure treatment (30 MPa, 24 and 48 h). Sample concentration is 1 mg/mL. Values are mean±SD of three replicates. Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different germination periods. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different pressure treatment time of germinated rough rice.

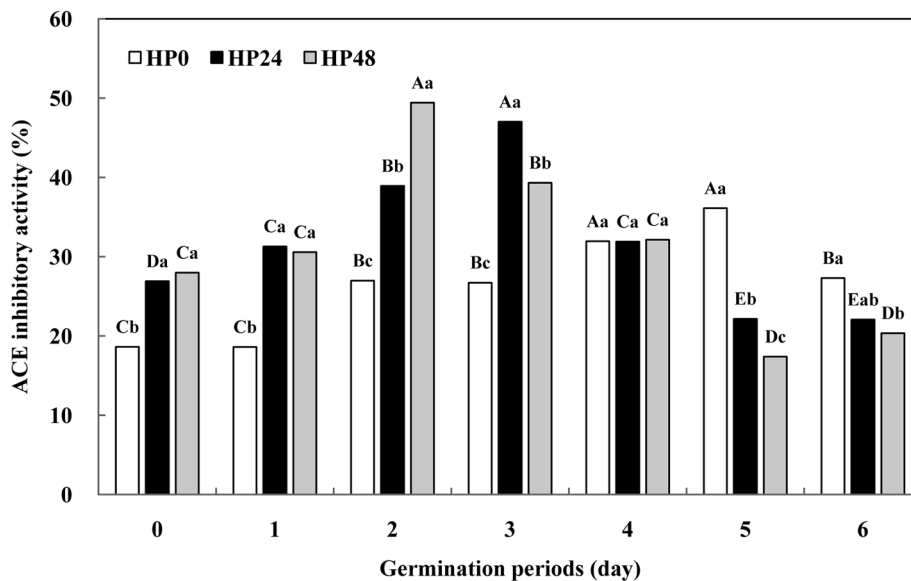


Fig. 3. Angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activity of rough rice extracts with germination and high pressure treatment (30 MPa, 24 and 48 h). Sample concentration is 4 mg/mL. Values are mean±SD of three replicates. Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different germination periods. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different pressure treatment time of germinated rough rice.

따르면 발효미강을 100 MPa의 압력에서 고압처리 할 경우 대조구에 비해 alanine, valine, leucine, phenylalanine 및 arginine 등의 유리아미노산 함량이 높아짐에 따라 ACE 저해활성이 증가한다고 하였는데 본 연구에서도 발아 및 고압처리로 인하여 단백질 가수분해효소가 활성화되고 단백질이 분해됨으로서 ACE 저해활성을 나타내는 펩타이드가 증가되었기 때문이라 판단된다.

Xanthine oxidase 저해활성

발아와 고압처리에 따른 벼 추출물의 xanthine oxidase 저해활

성을 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 발아초기에는 대조구에 비하여 고압처리 시 전반적으로 높은 저해활성을 나타내었지만 발아가 진행됨에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 대조구의 경우 1일차와 2일차에서 각각 56.86 및 58.86%로 무발아 시료의 51.49%보다 높은 저해활성을 나타내었지만 3일차부터는 감소하는 경향을 보여 발아 6일차에는 50.49%의 저해활성을 나타내었다. 30 MPa, 24시간 처리구에서는 발아 1일차 시료가 63.06%, 그리고 48시간 처리구에서는 무발아 시료가 67.51%로 대조구에 비해 높게 나타났다. Xanthine oxidase에 대한 저해활성

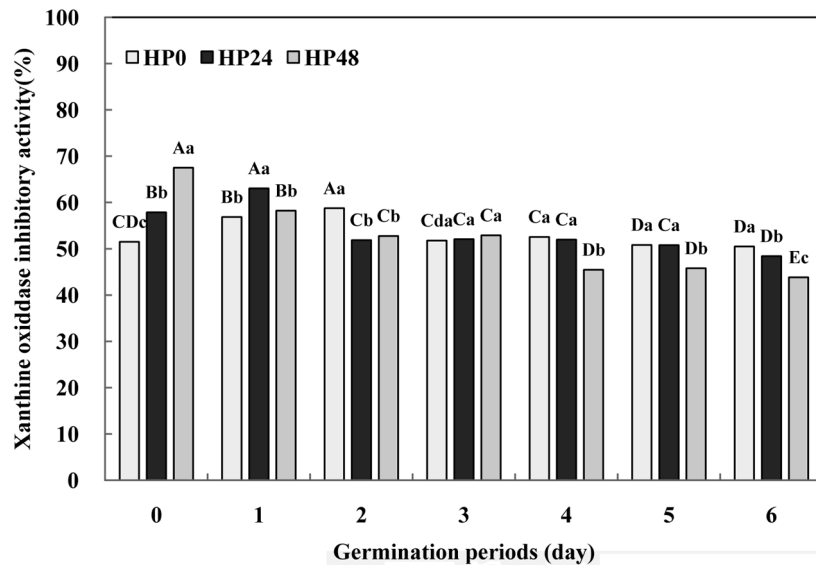


Fig. 4. Xanthine oxidase inhibitory activity of rough rice extracts with germination and high pressure treatment (30 MPa, 24 and 48 h). Sample concentration is 1 mg/mL. Values are mean±SD of three replicates. Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different germination periods. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different pressure treatment time of germinated rough rice.

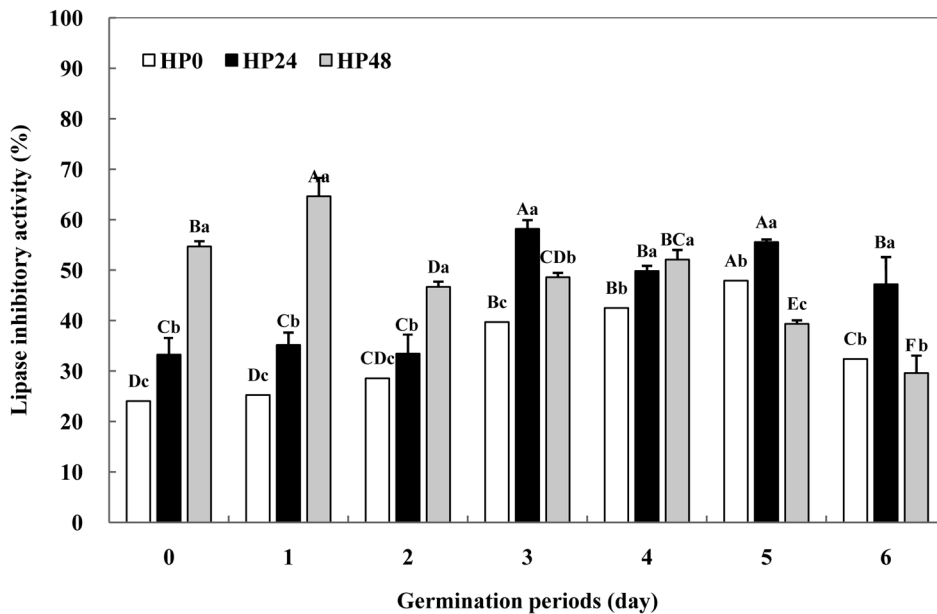


Fig. 5. Lipase inhibitory activity of rough rice extracts with germination and high pressure treatment (30 MPa, 24 and 48 h). Sample concentration is 2 mg/mL. Values are mean±SD of three replicates. Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different germination periods. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different pressure treatment time of germinated rough rice.

은 urate 형성을 감소시켜 통풍유발을 억제할 수 있어 항통풍 활성 측정법으로 이용되며, galloyl기를 함유한 flavonoid 화합물과 polyphenol 화합물이 xanthine oxidase를 경쟁적으로 저해한다는 연구가 보고되고 있다(27). 발아기간에 따른 일품벼의 부위별 추출물에 대한 xanthine oxidase 저해활성은 발아초기 증가하였다가 발아후기에 감소하며(8), 추출방법에 따른 돼지감자 잎의 저해활성은 고압추출 시 높게 나타난다는 연구결과(19)로 미루어 볼 때, 본 연구에서도 발아초기에 xanthine oxidase를 경쟁적으로 저해하는 polyphenol 화합물과 flavonoid 화합물이 증가하다가 발아후기에 감소하며(7), 고압처리 시 세포벽의 구조적 변화에 따라

galloyl기를 함유한 xanthine oxidase 저해물질을 쉽게 용출시킬 수 있기 때문이라고 생각된다(28).

Lipase 저해활성

발아와 고압처리에 따른 벼 추출물의 lipase 저해활성을 나타낸 결과는 Fig. 5와 같으며, 고압처리하지 않은 대조구에 비하여 고압처리시 높은 lipase 저해활성을 나타내었다. 대조구의 경우 무발아 벼는 24.04%이었지만 발아 5일차까지 증가하여 47.91%를 나타낸 후 6일차에서는 감소하였다. 24시간 압력 처리 시 발아 3일차 시료가 58.19%로 가장 높았고 48시간 처리에서는 발아

Table 1. Correlation coefficients among α -glucosidase, α -amylase, angiotensin converting enzyme (ACE), xanthine oxidase, and lipase inhibition activities of germinated rough rice

Factors	α -Glucosidase	α -Amylase	ACE	Xanthine oxidase	Lipase
α -Glucosidase	1	-0.113	0.679**	0.284*	0.612**
α -Amylase		1	0.036	-0.671**	0.378**
ACE			1	0.104	0.435**
Xanthine oxidase				1	0.054
Lipase					1

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

1일차 시료에서 64.63%를 나타내어 대조구인 5일차 발아벼의 47.91%에 비해 유의적으로 높게 나타났다. Pancreatic lipase는 triacylglycerol을 2-monoacylglycerol과 두 분자의 fatty acid로 분해하는 효소이며, 이러한 효소의 활성저해는 지방의 소화 및 체내로의 흡수를 억제할 수 있는데(29), 본 연구결과는 발아가 진행됨에 따라 벼추출물의 lipase 저해활성이 증가한다는 Kim 등(8)의 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 lipase 저해활성을 나타내는 대표적인 항비만 영양성분인 수용성 식이섬유는 체내에 공급될 경우 triacylglycerol 등의 지질을 둘러싸 소화효소의 작용 및 흡수를 방지한다고 알려져 있는데(30), 본 연구에서 발아 및 고압처리에 의해 세포벽 가수분해효소활성이 증가하고 식이섬유를 포함한 항비만 성분이 증가되어 lipase 저해활성이 증가한 것이라 판단되며, 추후 어떠한 성분에 의해 lipase 저해활성이 증가되었는지에 대한 연구가 필요하다고 생각한다.

상관관계분석

발아와 고압처리에 따른 벼 추출물의 α -glucosidase, α -amylase, ACE, xanthine oxidase 및 lipase 저해활성 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 각 효소저해활성 간의 상관관계는 α -glucosidase와 α -amylase, xanthine oxidase와 α -amylase를 제외하고는 모두 양의 상관관계를 보였으며, 특히 α -glucosidase 저해활성과 ACE 및 lipase 저해활성간의 상관계수가 각각 0.679 및 0.612 ($p < 0.01$)으로 높은 상관관계를 나타내었다. 본 연구결과 효소저해활성 간 상관계수의 차이는 있었지만, 발아벼를 고압처리할 경우 대조구에 비해 α -glucosidase, α -amylase, xanthine oxidase 및 lipase 저해활성이 전반적으로 높게 나타나 발아 및 가압병행처리 시 각각의 효소활성을 저해하는 생리활성물질이 생성 및 증가한 것이라고 판단된다.

요 약

고압처리가 발아벼 추출물의 성인병관련 예방효과에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 발아기간 및 고압처리 시간에 따른 효소저해활성을 살펴보았다. 발아기간은 6일로 하였고, 30 MPa의 압력 하에서 24시간 및 48시간 동안 처리하였다. α -Glucosidase 저해활성은 발아초기에 대조구에 비해 고압처리 시 높은 범위의 저해활성을 나타내었으며, α -amylase 저해활성은 발아기간 및 고압처리시간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. ACE 및 lipase 저해활성은 α -glucosidase 저해활성과 유사하였으며, 고압처리가 대조구보다 높은 저해활성을 나타내었으며, 48시간 고압처리한 2일차 발아벼에서 가장 높은 저해활성을 나타내었다. Xanthine oxidase 저해활성은 발아초기에는 대조구보다 고압처리시 높았지만 발아가 진행됨에 따라 감소하였다. 이상의 결과로 부터 발아와 고압처리를 병행한 벼는 무발아 및 발아벼에 비하여 활용가

치가 높을 것으로 판단되며, 성인병 예방을 위한 기능성식품소재로써 이용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치식품기술개발사업(과제번호: 112077-03-SB010)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Kwak TS, Yeo JH. Varietal variation of ripening and physiochemical properties in different rice ecotypes. Korean J. Intl. Agri. 16: 130-135 (2004)
2. Kang MY, Lee YR, Nam SH. Characterization of the germinated rices to examine an application potentials as functional rice processed foods. J. Korean Food Sci. Technol. 35: 696-701 (2003)
3. Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Yook HS, Byun MW, Lee SC. Effect of γ -irradiation on the antioxidant activity of rice hull, rice bran and barley bran. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 246-250 (2002)
4. Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. Food Sci. Biotechnol. 16: 1006-1010 (2007)
5. Kim HY, Hwang IG, Joung EM, Kim TM, Kim DJ, Park DS, JS Lee, Jeong HS. Antiproliferation effects of germinated-Korean rough rice extract on human cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 325-330 (2010)
6. Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Park DS, Kim JK, Kim DJ, Lee YR, Lee JS, Jeong HS. Changes in chemical composition of rough rice (*Oryza sativa* L.) according to germination period. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 1265-1270 (2011)
7. Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Park DS, Kim JH, Kim DJ, Lee JS, Jeong HS. Antioxidant and angiotensin converting enzyme I inhibitory activity on different parts of germinated rough rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 775-780 (2011)
8. Kim MY, Lee SH, Jang GY, Park HJ, Li MS, Kim SJ, Lee YR, Lee JS, Jeong HS. Enzyme inhibition activities of ethanol extracts from germination rough rice (*Oryza sativar* L.). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 917-923 (2013)
9. Kwon SM, Kim CM, Kim YH. Biological characteristics of instant rice treated with high hydrostatic pressure. Food Sci. Indus. 40: 31-35 (2007)
10. San Martin MF, Barbosa-Canovas GV, Swanson BG. Food processing by high hydrostatic pressure. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 42: 627-645 (2002)
11. Northrop DB. Effects of high pressure on enzymatic activity. Biochim. Biophys. Acta 1595: 71-79 (2002)
12. Eisenmenger MJ, Reyes-De-Corcuera JI. High pressure enhancement of enzymes: A review. Enzyme Microb. Tech. 45: 331-347 (2009)
13. Tibbot BK, Skadsen RW. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative α -glucosidase gene from barley. Plant Mol. Biol. 30: 229-241 (1996)
14. Lim CS, Li CY, Kim YM, Lee WY, Rhee HI. The inhibitory

- effect of *Cornus walteri* extract against α -amylase. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 48: 103-108 (2005)
15. Kwon EK, Kim YE, Lee CH, Kim HY. Screening of nine herbs with biological activities on ACE inhibition, HMG-CoA reductase inhibition, and fibrinolysis. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 691-698 (2006)
 16. Stirpe F, Corte ED. The regulation of rat liver xanthine oxidase. J. Biol. Chem. 244: 3855-3863 (1969)
 17. Kim JH, Kim HJ, Kim CY, Jung HY, Kim YO, Ju JY, Shin CS. Development of lipase inhibitors from various derivatives of *Monascus* pigment produced by *Monascus* fermentation. Food Chem. 101: 357-364 (2007)
 18. Gwa J, Jin YS, Han W, Shim TH, Sa JH, Wang MH. Studies for component analysis, antioxidative activity and α -glucosidase inhibitory activity from *Equisetum arvense*. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 49: 77-81 (2006)
 19. Kim JW, Kim JK, Song IS, Kwon ES, Youn KS. Comparison of antioxidant and physiological properties of jerusalem artichoke leaves with different extraction processes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 68-75 (2013)
 20. Lee HS, Lee HJ, Yu HJ, Ju DW, Kim Y, Kim CJ, Cho YJ, Kim N, Choi SY, Suh HJ. A comparison between high hydrostatic pressure extraction and heat extraction of ginsenosides from ginseng (*Panax ginseng* CA Meyer). J. Sci. Food Agr. 91: 1466-1473 (2011)
 21. Jang YS, Jeong JM. Antioxidative effects and digestive enzyme inhibition of grape seed extract (GSE). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 783-788 (2010)
 22. Kim DY, Han GD. High hydrostatic pressure treatment combined with enzymes increase the extractability and bioactivity of fermented rice bran. Innov. Food Sci. Emerg. 16: 191-197 (2012)
 23. Xi J, Shen D, Zhao S, Lu B, Li Y, Zhang R. Characterization of polyphenols from green tea leaves using a high hydrostatic pressure extraction. Int. J. Pharm. 382: 139-143 (2009)
 24. Noh H, Song KB. Isolation of an angiotensin converting enzyme inhibitor from *Oenathe javanica*. Agric. Chem. Biotechnol. 44: 98-99 (2001)
 25. Unger T. The role of the renin-angiotensin system in the development of cardiovascular disease. Am. J. Cardiol. 89: 3-9 (2002)
 26. Shin ZI, Ahn CW, Nam HS, Lee HJ, Lee HJ, Moon TH. Fractionation of angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from soybean paste. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 230-234 (1995)
 27. Hatano T, Yasuhara T, Yoshihara R, Ikegami Y, Matsuda M, Yazaki K, Agata I, Nishibe S, Noro T, Yoshizaki M, Okuda T. Inhibitory effects of galloylated flavonoids on xanthine oxidase. Planta Med. 57: 83-84 (1991)
 28. Shouqin Z, Junjie Z, Changzhen W. Novel high pressure extraction technology. Int. J. Pharm. 278: 471-474 (2004)
 29. Park JA, Park C, Han MH, Kim BW, Chung YH, Choi YH. Inhibition of adipocyte differentiation and adipogenesis by aged black garlic extracts in 3T3-L1 preadipocytes. J. Life Sci. 21: 720-728 (2011)
 30. Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story JA, Kritchevshy D, Cassidy M. Effect of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. Am. J. Clin. Nutr. 33: 2182-2188 (1980)