

발아현미의 이화학적 특성

오세관¹ · 이정희¹ · 윤미라¹ · 김대중^{1*} · 이동현² · 최임수¹ · 이준수³ · 김인환⁴ · 이점식¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원, ²(주)미실란
³충북대학교 식품공학과, ⁴고려대학교 식품영양학과

Physicochemical Properties of Germinated Brown Rice

Sea-Kwan Oh¹, Jeong-Heui Lee¹, Mi-Ra Yoon¹, Dae-Jung Kim^{1*}, Dong-Hyen Lee²,
Im-Soo Choi¹, Jun-Soo Lee³, In-Hwan Kim⁴, and Jeom-Sig Lee¹

¹National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Gyeonggi-do 441-857, Korea

²Misillan Company, Jeonnam 516-803, Korea

³Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

⁴Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 136-703, Korea

Abstract

This study evaluated the physicochemical properties of brown rice (BR) and germinated brown rice (GBR) in Korea. The protein content of BR was significantly higher than that of GBR. The amylose content of BR and GBR ranged from 17.42 to 18.48% and from 17.50 to 19.69%, respectively. The GBR contained higher γ -aminobutyric acid (GABA) content than that of BR. In an RVA examination, pasting temperatures of BR and GBR were 67.97~68.03°C. Texture analysis test showed that GBR *Yeonghojinmi* had the lowest hardness and highest stickiness. In conclusion, this study showed that compared to BR, GBR has a much softer texture, improved eating quality and increased GABA content.

Key words: brown rice, germinated brown rice, physicochemical, amylose, RVA

서 론

오랜 시간 재배되어 온 쌀(*Oryza sativa* L.)은 아시아 문화권 사람들의 주요한 에너지 급원 작물로서 특히 우리나라에서는 대부분 밥의 형태로 섭취하고 있으며 그 나머지는 전통식품(죽류, 떡류 및 주류 등)이나 가공식품(과자, 라면, 케이크 등) 등으로 소비되어지고 있다. 국내에서는 1970년대 후반 쌀의 자급달성을 이루기 위한 통일형 다수성 품종 개발 보급을 시작으로 현재까지 여러 품종들이 개량과 재배기술에 힘입어 일품, 하이아미 등과 같은 최고급 품질의 양질미와 고아미, 백진주 등과 같은 전분특성이 다양한 기능성 쌀은 물론 특유의 색과 향을 갖는 흑미, 적미 및 향미 등 다양한 특수미가 개발되어 왔으며 2011년 현재 우리나라에서 쌀 재배면적은 85만4천ha, 생산량은 422만4천톤에 이른다(1). 하지만 최근 맛벌이 부부의 증가, 핵가족화, 단독세대 증가 및 노령화 사회로 인하여 빵, 햄버거, 피자 등과 같은 간편한 서구 편의식이 선호되면서 1인당 쌀 소비량이 1979년 135.6 kg에서 2011년 71.6 kg으로 매년 큰 폭 감소하고 있는 실정이다(2). 반면 사회전반에 걸쳐 웰빙(well-being) 열풍으로 인하여 건강식품에 대한 소비자의 관심 증가로 보다 영양성

과 기능성이 강화된 형태인 현미 및 발아현미의 수요가 증가하고 있는 추세이다(3).

현미는 왕겨층만을 한번 벗겨낸 쌀로서 도정한 백미에 비하여 각종 영양성과 기능성이 뛰어나지만 단단한 껍질과 피틴산 등으로 인한 소화 흡수 저하 및 거친 식미로 인하여 소비가 많지 않고 오히려 백미를 주식으로 사용하는 사람들이 많다(4). 하지만 최근에는 현미 소비활성화의 일환으로서 현미의 단점을 극복하면서 여러 가지 영양성과 기능성을 포함한 발아현미가 각광을 받고 있으며 이러한 발아현미는 기존 현미에 비하여 조직이 연화되어 질감 개선 및 관능성 향상은 물론 식이섬유, ferulic acid, tocotrienols, 마그네슘, 아연, γ -oryzanol, γ -aminobutyric acid(GABA) 및 β -sitosterol 등 각종 영양·기능성 성분 및 효소들의 활성화로 인하여 건강 기능성 물질이 활성화되거나 증가되는 것으로 알려져 있다(5-7). 현재까지 쌀에 대한 연구로는 현미 및 발아현미의 항산화 활성 및 항산화 성분(7,8), 쌀 품종별 백미와 현미의 무기질 및 영양성분 조성 비교(9,10), 특정지역의 연차간 쌀의 품질 변이에 대한 연구(11), 쌀의 저장조건에 따른 품질특성(12) 등 쌀 품질 및 기능성 등 다양한 분야에서 보고되어지고 있다. 또한 본 연구에 사용되어진 공시재료는 최근

*Corresponding author. E-mail: dj9475@korea.kr
Phone: 82-31-290-6721, Fax: 82-31-290-6730

국내육성 품종으로서 청해진미는 삼지연, SR14694-57-4-2-1-3-2-3-2-2 및 이리 402호의 교배로 2009년도에 육성되었으며 고품질 벼 품종으로서 쌀 외관 및 밥맛이 양호하며 백미 완전립율이 높은 품종이다. 2009년도에 히토펜보레와 주남벼의 교배로 육성된 영호진미 또한 밥 맛이 우수한 품종이다. 헤오르미는 2008년도에 밀양 165호와 해평벼의 교배로 육성되어진 품종으로서 흰잎마름병과 줄무늬잎마름병 저항성이 큰 품종이며 세계진미는 2009년 밀양 160호와 용주벼의 교배로 육성되어진 초다수성 품종으로서 도정률, 백미 완전미를 및 밥맛이 양호하다. 따라서 본 연구에서는 최근 새롭게 육성되어진 품종들의 현미 발아 전후의 이화학적 특성 및 물리적 특성들을 비교함으로써 현미의 이용성 증진을 위한 기초자료를 제공하고자 품질 특성을 비교·검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 재료는 2010년에 농촌진흥청 국립식량과학원에서 재배, 수확된 청해진미(*Oryza sativa* cv. *Cheong-heajinmi*), 영호진미(*Oryza sativa* cv. *Yeonghojinmi*), 헤오르미(*Oryza sativa* cv. *Heaormi*) 및 세계진미(*Oryza sativa* cv. *Segyejinmi*)를 사용하였으며 원료곡인 정조를 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시험재료로 사용하였다. 발아 현미는 현미와 동일한 품종을 (주)미실란(Gokseong, Korea)에서 30°C, 24시간 동안 발아시킨 후 특수 건조과정을 거쳐 각각의 품종에 대한 발아현미를 제조하고 이들을 분쇄하여 시험재료로 사용하였다.

발아율 조사

발아율은 수세한 현미를 페트리디쉬에 무작위로 100립을 치상하고 용기내부의 현미가 잠길 정도로 30°C 정도의 미지근한 물을 첨가하고 30°C의 항온기에서 12~18시간 정도 보온하면서 0.5~2.0 mm 정도의 짝이 나올 때까지 발아시킨다. 그 후 발아된 현미는 흐르는 물로 깨끗하게 세척하고 현미의 발아율을 측정하였으며 발아현미의 재발아율은 현미와 동일한 방식으로 수행하였다. 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였으며 그 값은 평균과 표준편차로 나타내었다.

일반성분 분석

단백질 함량은 Micro Kjeldahl 질소정량법을 이용하였다. 즉, 시료 0.5 g를 정확히 칭량 후 Kjeldahl 분해관에 넣고 진한 황산 20 mL, 분해촉매제 1 g을 넣은 후 Foss digester

2020과 자동분석장치(Foss Kjeltac 2400, Foss Tecator, Huddinge, Sweden)를 이용하여 정량하였으며 아밀로스 함량은 Juliano(13)의 요오드 비색정량법에 따라 3반복으로 측정하였다. 즉, 0.1 g의 분쇄가루에 1 mL 에탄올과 9 mL 1 N NaOH를 가한 후 진탕항온수조에서 10분간 소화시킨 후 증류수로 100 mL을 채웠다. 그중 5 mL에 1 mL acetic acid, 2 mL 2% I₂-KI(Iodine solution)를 가한 후 증류수를 이용하여 100 mL로 맞춘 다음 20분 후에 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. 식이섬유는 total fiber dietary kit(Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland)을 이용하여 정량하였다.

GABA 함량 분석

γ -Aminobutyric acid(GABA) 분석은 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, Pharmacia Biotech Co., Piscataway, NJ, USA)를 이용하였다. 즉, 분쇄한 시료 200 mg을 정확히 칭량하여 증류수 2 mL을 첨가하고 상온에서 24시간 추출 후, 원심분리 하여 상등액만을 취하여 0.45 μ m membrane filter로 여과하였다. 시료 200 μ L와 lithium citrate loading buffer 800 μ L를 혼합하여 분석시료로 사용하였다. 분석을 위한 칼럼은 lithium column을 이용하여 용매 lithium citrate buffer(A, B, CII, DII, pH 2.2, pH 3.55)를 사용하여 gradient condition으로 분석하였고 분석조건은 용매 유속 25.0 mL/hr이며 검출을 위한 발색시약은 ninhydrin 용액을 사용하여 570 nm 및 440 nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였으며 그 값은 평균과 표준편차로 나타내었다.

아밀로펙틴 중합도 분석

시료의 아밀로펙틴 중합도를 분석하기 위해 HPAEC-PAD 방법으로 Suzuki 등(14)의 방법에 의해 분석하였으며 조제된 시료는 이온크로마토그래피(DX-500, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하였다. 분석에 사용된 칼럼은 Carbowac PA-1(250×4 mm I.D.)이었으며 용매는 150 mM NaOH와 500 mM CH₃COONa를 포함한 150 mM NaOH를 사용하였으며 시간에 따른 용매의 농도는 Table 1에 나타내었으며 시료 주입량은 25 μ L이다.

호화점도 분석

쌀의 호화점도 특성은 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 즉, 현미 시료를 60 mesh 이상으로 분쇄한 후 3 g을 측정하여 분석전용 용기에 투입하고 25 mL의 증류수에 분산시켜 50°C에서 1분간 유지시킨

Table 1. Gradient elution program for analysis of chain-length distribution (%)

Time (min)	0	6	17	34	53	113	213	223
150 mM NaOH	70	60	50	40	35	30	10	0
150 mM NaOH-500 mM NaOAc	30	40	50	60	65	70	90	100

후 50°C에서 95°C까지 4.7분 동안에 상승시키고 95°C에서 2.5분간 유지시킨다. 그 후, 다시 3.7분 동안에 50°C로 냉각시키면서 점도 특성을 조사하였다. 총 실험 시간은 약 13분 정도로서 실험 후 초기 호화 온도(pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough), 최종점도(final viscosity), 강하점도(breakdown) 및 치반점도(setback)를 조사하였다. 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였으며 그 값은 평균과 표준편차로 나타내었다.

식감 측정

식감 측정은 사람이 밥을 먹을 때 관능적으로 느끼는 저작감을 기계적으로 간편하게 묘사할 수 있는 방법으로서 일본에서 개발된 텐시프레서(My Boy II System, Taketomo Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하였으며 측정 방법은 일정한 방법으로 취반한 밥을 10 g씩 무작위로 칭량하여 시료용 컵에 압축성형하고 2분간 정치시킨 다음 puncture 프로브(접촉면적 25 mm²)가 설치된 텐시프레서에 장착하여 20 kgw의 하중으로 first bite 25%, second bite 90%의 압력으로 5반복 측정하였다. 조사항목은 밥의 경도(hardness), 끈기(toughness), 찰기(stickiness) 및 부착성(adhesiveness)을 측정하였다.

통계분석

현미의 발아 전과 후의 품질특성 변화 등 각 항목의 측정값은 SPSS 통계 package program(Statistical Package Social Science, Version 12.0, New York, NY, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시험군 간의 유의성은 Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)으로 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분 변이

품종별 발아 전후의 발아율, 단백질, 식이섬유 및 아미로스 결과는 Table 2에 나타내었다. 품종별 현미의 발아율 및 발아현미의 재발아율은 품종 고유의 특성, 수확 전과 후의

환경적인 조건들과 함께 발아와 관련 있는 여러 효소들에 의한 가수분해 등으로 영향을 받을 수 있으며 정상적으로 발아되지 않은 종자와 정상적인 발아 종자들이 혼합되어 있는 경우 품질이 균일하지 못하여 상품적 가치가 저하되므로 발아율은 발아현미의 품질에 중요한 역할을 담당하게 된다(15). 본 연구에서의 재료들은 발아율이 96% 이상으로서 발아현미 제품 가공 시 적합할 것으로 사료된다. 일반성분 중 단백질(protein) 함량은 현미와 발아현미에서 각각 7.39~9.48%와 6.26~6.80%로서 현미에 비하여 발아현미에서 낮아지는 경향이 나타났다. 단백질은 밥맛을 결정짓는 중요한 인자로서 품종간 차이, 질소 시비량, 토양, 물 관리 등의 환경적인 요인들에 의하여 영향을 받게 되며(13) 과다한 단백질 함량은 쌀의 색택 및 흡수성 저하, 전분의 호화, 팽화 억제 등 취반 가공 이용성만이 아니라 질감 및 호화점도에 영향을 미쳐 식미 평가를 낮게 받는 요인으로 작용한다(16). 본 연구에서의 단백질 함량은 Kim 등(17)이 보고한 5 품종(대진벼, 대안벼, 화성벼, 수라벼, 광안벼)의 현미 단백질 함량 6.70~7.98%와 비교하여 본 연구의 현미가 약간 높은 수준을 나타내었다. 식이섬유(dietary fiber)는 식품 탄수화물 중 인체에서 분해 또는 소화흡수가 불가능한 탄수화물(18)로서 그 함량은 발아현미 청해진미가 9.91%로서 가장 높은 수준으로 유의적인 차이를 나타내었으며 현미 영호진미가 6.67%로서 가장 낮은 함량을 나타내었다. 현미에 비하여 발아현미에서 해오르미를 제외하고 식이섬유 수치가 증가하는 경향이 있었다. 일반적으로 현미 내 식이섬유의 함량은 발아과정에서 증가하는 것으로 알려져 있으며 Lee 등(19)은 3일 동안 발아시킨 벼가 일반 벼보다 식이섬유 함량이 증가하였고 현미 품종에 따라 차이가 있었다고 보고하였으며, Ohtsubo 등(20)은 고시히카리 현미를 30°C, 72시간 침지 후 발아시킨 발아현미가 백미와 현미에 비하여 각각 7배와 1.5배정도 함량이 높아졌다고 보고하였다. 아미로스(amylose) 함량은 농촌진흥청 조사기준에 의하면 일반적으로 백미가 17~20% 수준(21)으로서 식미/취반특성을 결정하는 가장 중요한 요소이면서 현미의 경우 품종에 따른 호분층의 비율만큼 아미로스 함량이 감소한다. 본 연구에서의 아미로스 함량은 현미와

Table 2. Physicochemical properties of brown rice and germinated brown rice

Varieties	Physicochemical properties (%)				
	Germination percentage	Protein	Dietary fiber	Amylose	
<i>Cheonghea jinmi</i>	BR ¹⁾	96.00±1.41 ^{a3)}	9.48±0.13 ^g	7.09±0.84 ^{ab}	18.37±0.13 ^{abc}
	GBR ²⁾	100.00±0.00 ^c	6.45±0.07 ^b	9.91±0.34 ^d	19.69±0.53 ^d
<i>Yeongho jinmi</i>	BR	99.50±0.71 ^c	7.39±0.03 ^d	6.67±0.62 ^a	17.42±0.51 ^a
	GBR	99.50±0.71 ^c	6.34±0.09 ^{ab}	7.72±0.25 ^{bc}	17.50±0.77 ^{ab}
<i>Heaormi</i>	BR	99.50±0.71 ^c	8.55±0.08 ^f	7.82±0.48 ^{bc}	18.22±0.63 ^{abc}
	GBR	99.00±0.00 ^{bc}	6.26±0.04 ^a	7.15±0.54 ^{ab}	18.19±0.74 ^{abc}
<i>Segyejinmi</i>	BR	99.50±0.71 ^c	8.22±0.04 ^e	6.90±0.76 ^{ab}	18.48±0.26 ^{bc}
	GBR	97.50±0.71 ^{ab}	6.80±0.03 ^c	8.67±0.18 ^c	19.18±0.30 ^{cd}

¹⁾BR: brown rice. ²⁾GBR: germinated brown rice.

³⁾Different letters in the same row indicate significant difference by ANOVA and Duncan's test (p<0.05).

Table 3. Pasting characteristics of brown rice and germinated brown rice

Varieties		Pasting temp (°C)	Peak viscosity (RVU ³⁾)	Trough viscosity (RVU)	Breakdown ⁴⁾ (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback ⁵⁾ (RVU)
<i>Cheongheajinmi</i>	BR ¹⁾	68.00±0.05 ^{6)a7)}	155.6±0.83 ^e	71.00±2.72 ^c	83.59±2.95 ^f	144.71±3.13 ^d	-9.88±3.36 ^a
	GBR ²⁾	68.02±0.03 ^a	24.30±2.03 ^b	3.28±0.67 ^a	21.03±2.06 ^b	14.84±0.23 ^b	-10.64±0.21 ^a
<i>Yeongho jinmi</i>	BR	67.97±0.03 ^a	163.64±1.51 ^f	104.92±5.96 ^d	62.38±2.41 ^d	183.22±6.38 ^f	15.80±3.01 ^e
	GBR	67.97±0.08 ^a	9.45±0.71 ^a	-0.46±0.18 ^a	9.36±0.24 ^a	5.79±0.41 ^a	-2.92±0.60 ^b
<i>Heaormi</i>	BR	68.02±0.06 ^a	141.25±1.76 ^d	73.79±0.06 ^c	66.03±1.19 ^e	155.00±4.99 ^e	11.79±0.65 ^d
	GBR	68.03±0.08 ^a	24.25±0.47 ^b	3.05±0.65 ^a	20.42±0.74 ^b	18.75±0.75 ^b	-5.13±0.06 ^b
<i>Segye jinmi</i>	BR	67.98±0.03 ^a	204.92±1.31 ^g	102.22±2.38 ^d	102.69±1.33 ^g	196.30±2.86 ^g	-9.50±0.24 ^a
	GBR	67.98±0.08 ^a	54.72±2.77 ^c	15.63±0.42 ^b	38.31±1.37 ^c	54.67±0.47 ^c	1.50±0.47 ^c

¹⁾BR: brown rice. ²⁾GBR: germinated brown rice.

³⁾RVU: rapid visco units. ⁴⁾Peak viscosity minus trough viscosity. ⁵⁾Final viscosity minus peak viscosity.

⁶⁾Each value is mean±standard deviation.

⁷⁾Different letters in the same row indicate significant difference by ANOVA and Duncan's test (p<0.05).

발아현미가 각각 17.42~18.48%와 17.50~19.69%로서 현미에 비하여 발아현미의 아밀로스 함량이 다소 높게 나타났지만 큰 차이는 보이지 않았고 그 수준은 고품질 쌀 기준에 부합되었다. 아밀로스 함량이 높을수록 밥의 부드러운 정도, 차진정도, 색, 광택 등이 저하되며, 텍스처는 단단해지고 호화온도는 높아지면서 아미로그래프의 점도 증가가 커져 저장에 의한 경도가 증가하는 등 쌀의 전체적인 취반 특성이 나빠지게 되는데 이는 재배지역, 등숙온도, 일장, 출수기 등에 의해 영향을 받게 된다(22-24).

RVA에 의한 호화점도 특성 변이

벼 품종별 현미와 발아현미의 호화점도 분석 결과는 Table 3에서 보는바와 같이 나타내었다. 본 연구에서 조사되어진 품종들을 가열시 전분입자가 호화(gelatinization)되는데 필요한 온도인 호화온도는 67.97~68.03°C로서 유의적 차이가 없었으며 이는 원료에 따른 결정구조가 비슷하고 분자간 입자 결합정도에서 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 사료된다. Kim 등(25)은 수입쌀 백미의 호화개시온도 75.1°C, Song 등(26)은 미국산 수입쌀의 호화개시온도를 70.5°C로 보고하여 본 연구의 결과들이 다소 낮은 결과를 보였다. 최고점도(peak viscosity)는 현미에 비하여 발아현미에서 낮은 수치를 나타내었으며 발아현미 영호진미가 9.45 RVU로 유의적으로 가장 낮게 나타났으며 현미 세계진미는 204.92 RVU로 유의적으로 가장 높은 수치를 나타내었다. 최저점도(trough viscosity)는 발아현미가 현미에 비하여 낮은 수치를 나타내었으며 현미 영호진미와 현미 세계진미가 각각 104.92 RVU와 102.22 RVU로서 다른 시료들에 비하여 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다. 최저점도와 최고점도의 차이인 강하점도(breakdown)는 조사되어진 시료인 현미에 비하여 발아현미에서 낮은 수치를 나타내었으며 현미 세계진미가 102.69 RVU로 유의적인 차이가 높았고 발아현미 영호진미는 9.36 RVU로서 유의적으로 가장 낮은 수치를 나타내어 품종 간에 차이가 나타났다. 이러한 강하점도는 호화중 전분의 열과 전단(shear)에 대한 저항성을 나타낸다고

알려져 있으며 amylose 함량과는 음의 상관관계를 나타내게 되는데 대부분의 품종들에서 amylose 함량이 현미에 비하여 발아현미가 높게 나타내어 강하점도에서는 현미가 발아현미에 비하여 훨씬 높은 수치를 나타내었다. 최종점도(final viscosity)는 가열이 중지되고 식히는 과정으로서 전분 분자들이 다시 재결합함으로써 점도가 증가(27)하는 단계로서 본 연구에서는 현미보다 발아현미에서 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다. 그중 발아현미 영호진미가 5.79 RVU로서 가장 낮은 값을 나타내었으며 현미 세계진미는 196.30 RVU로서 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 최종점도와 최고점도의 차이인 치반점도(setback)는 세계진미를 제외하고는 현미가 발아현미에 비하여 높은 수치를 나타내었다. 이 치반점도는 전분의 노화와 관련 있는 인자로서 값이 높을수록 노화진행 속도가 빠르다는 것을 나타내는 것으로서 현미 영호진미가 15.80 RVU로 비교적 높게 측정되어 다른 품종에 비하여 노화진행 속도가 다소 빠를 것으로 생각된다. 그리고 본 연구에서 세계진미는 현미에 비하여 발아현미의 노화가 유의적으로 빠를 것이라 사료된다. 일반적으로 호화 특성 측정 결과 최고점도 및 강하점도가 높고 치반점도가 낮으면 식미가 양호하게 되는데 본 연구에서는 현미 세계진미와 현미 청해진미가 다른 품종들에 비하여 식미가 양호할 것으로 사료된다. 결과적으로 품종별 현미보다 발아현미에서 일괄적으로 RVU 값이 낮아지는 현상이 나타났으며 이는 발아되는 과정을 통하여 전분의 구조적 변이와 호화 특성 변이가 나타나 상대적으로 호화점도가 낮아진 것으로 사료된다.

아미로펙틴 중합도 변이

일반적으로 아미로펙틴 중합도의 비율 중에서 단쇄(short chain)비율이 높고 장쇄비율이 낮은 품종이 밥맛이 우수한 특성을 나타내는 것으로 알려지고 있다. 벼 품종별 호화특성 차이 등 이화학 특성 변화에 영향을 주는 원인을 찾기 위해 아미로펙틴 중합도를 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다. 중합도(degree of polymerization, DP) 6~12에 해당하는 단

Table 4. Amylopectin chain length distributions of brown rice and germinated brown rice

Varieties		DP ³⁾ 6~12 (%)	DP 13~24 (%)	DP 25~36 (%)	DP 37~60 (%)
<i>Cheongheajinmi</i>	BR ¹⁾	32.63±0.16 ^{c4)5)}	52.71±0.33 ^{cd}	10.72±0.27 ^b	3.95±0.10 ^c
	GBR ²⁾	32.83±0.21 ^{bc}	53.42±0.13 ^e	10.28±0.04 ^a	3.49±0.10 ^{ab}
<i>Yeongho jinmi</i>	BR	32.96±0.23 ^{bc}	49.90±0.29 ^a	12.56±0.21 ^d	4.59±0.18 ^d
	GBR	33.75±0.19 ^d	51.91±0.12 ^b	10.76±0.10 ^b	3.58±0.04 ^b
<i>Heaormi</i>	BR	33.15±0.13 ^c	51.94±0.04 ^b	11.11±0.06 ^c	3.83±0.07 ^c
	GBR	33.97±0.26 ^d	52.40±0.06 ^c	10.31±0.11 ^a	3.32±0.11 ^a
<i>Segye jinmi</i>	BR	31.67±0.17 ^a	52.69±0.30 ^{cd}	11.09±0.18 ^c	4.55±0.14 ^d
	GBR	32.95±0.20 ^{bc}	52.95±0.13 ^d	10.63±0.15 ^b	3.46±0.10 ^{ab}

¹⁾BR: brown rice. ²⁾GBR: germinated brown rice. ³⁾DP: degree of polymerization.

⁴⁾Each value is mean±standard deviation.

⁵⁾Different letters in the same row indicate significant difference by ANOVA and Duncan's test (p<0.05).

쇄의 경우 발아현미 해오르미와 발아현미 영호진미가 유의하게 그 비율이 높았으며 현미 세계진미는 그 비율이 낮게 나타났다. 반면, 중합도 13~24에 해당하는 중단쇄 비율은 발아현미 청해진미가 53.42%로서 유의적으로 가장 높게 나타났다. 중합도 25~36의 긴 아밀로펙틴 사슬은 현미 영호진미에서 12.56%로서 유의적으로 가장 높게 나타났으며 발아현미 청해진미와 발아현미 해오르미에서 각각 10.28%과 10.31%로서 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 중합도 37 이상의 초장쇄 비율은 현미 영호진미와 현미 세계진미에서 각각 4.59%와 4.55%로서 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다. Han과 Hamaker(28)에 따르면 쌀 전분화 과정 중 팽윤된 전분립의 강하점도(breakdown)는 아밀로펙틴의 짧은 사슬부분과는 정의 상관관계를 가지며 긴 사슬부분과는 부의 상관관계를 가진다고 보고하였지만 본 연구의 결과에서는 아밀로펙틴의 단쇄에서 초장쇄 비율에 따른 분포에 대한 강하점도와는 별 상관관계를 나타내지는 않았다.

GABA 함량 변이

γ-Aminobutyric acid(GABA)는 비단백계 구성 아미노산으로 뇌에서 신경전달물질로 알려져 있으며 현미가 발아하는 동안 가장 큰 함량 증가를 보이는 물질로서 이에 대한 연구도 상당히 많이 진행되어 있다. 벼 품종별 현미와 발아현미의 GABA 함량을 측정된 결과는 Fig. 1과 같이 나타내

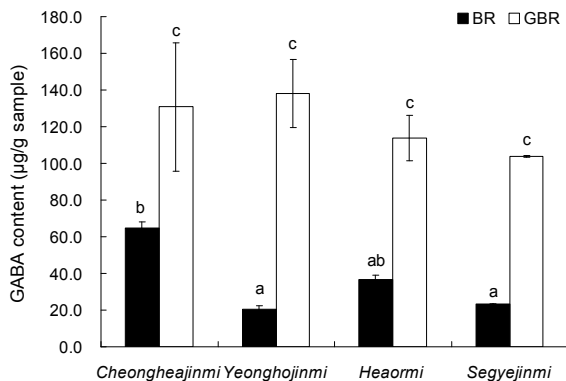


Fig. 1. GABA content of brown rice and germinated brown rice.

었다. 조사되어진 품종들은 현미에 비하여 발아현미에서 유의적으로 높은 GABA 함량을 나타내었으나 품종별 발아현미 간에는 유의적 차이를 나타내지는 않았다. 또한 본 연구에서는 현미 청해진미, 발아현미 영호진미의 GABA 함량이 각각 가장 높게 나타났으며 발아현미가 현미에 비하여 GABA 함량이 2.02~6.77배 증가하였고 그중 영호진미가 6.77배로서 가장 많은 GABA 증가율을 나타내었다. Kum 등(29)의 연구에서는 현미를 발아한 뒤 GABA 함량이 약 60% 증가한다고 하였는데, 이는 현미 내 포함되어 있는 GABA 전구물질인 glutamic acid 함량이 발아현미에 비하여 높게 포함되어 있으나 발아과정에서 glutamic acid 함량은 낮아지고 GABA 함량은 증가하는 경향을 보이며 시중에 판매되는 발아현미밥의 경우에는 제품 제조 공정상에서 열처리 등의 가공공정으로 인하여 감소하였거나 백미의 혼합으로 발아현미에 비하여 GABA 함량이 적은 양이라 보고하기도 하였다. 이처럼 GABA는 식물체 내에서 glutamic acid에서 succinate에 이르는 GABA-shunt를 통해 TCA 회로에서 산화를 위한 탄소골격의 제공, 질소저장 화합물 및 아미노산 대사산물로서 작용, 식물이 해충의 공격 중에 있을 때 내충성 기능을 보일 수 있는 물질(30,31)로 작용하게 되는데 GABA 함량은 glutamic acid의 함량에 따라서 차이를 나타내는 것으로 보이며 이는 Choi(32)가 일품, 고아미2호, 백진주 및 설갱에 포함되어 있는 아미노산들을 분석한 결과 품종에 따라 glutamic acid와 GABA 함량이 다르므로 품종에 따라 발아시켰을 경우 GABA 함량에서 차이를 나타내는 것으로 사료된다. 또한 기존의 연구에서는 발아시키에 따라 증가되는 GABA 함량을 더 증가시키기 위한 방법으로 한약재 혹은 열처리(33), 키토산 처리(34) 및 고압처리(35) 등의 다양한 방법을 통하여 GABA 함량을 증가시키기 위한 연구가 보고되어져 있는데 본 연구 결과 중 가장 높게 나온 영호진미의 경우 기존의 연구결과들을 활용하면 발아시킬 때의 GABA 함량에 비하여 더 높게 증가할 것으로 사료된다.

식감측정 변이

벼 품종별 현미와 발아현미 밥의 식감을 측정된 결과는 Fig. 2와 같이 나타내었다. 일반적으로 발아를 시켜 취반하

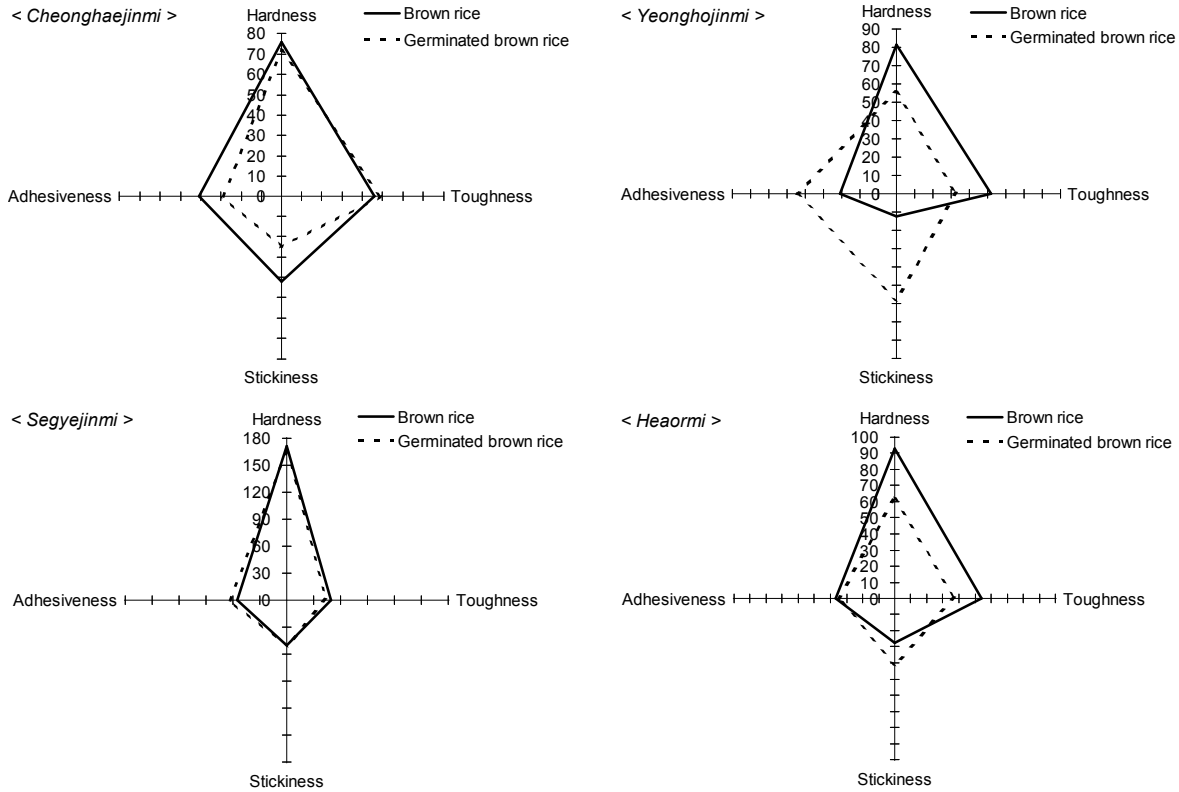


Fig. 2. Palatability description of cooked brown rice and cooked germinated brown rice.

게 되면 더 부드러워진다고 알려져 있으며 본 연구에서의 밥의 경도(hardness)는 품종에 따라서 발아현미밥이 일반 현미밥에 비하여 경도가 부드러워지는 경향을 나타내었으나 세계진미와 청해진미의 현미밥과 발아현미밥의 경도는 비슷한 수치를 보였다. 끈기(toughness)는 조사되어진 품종들 중에서 영호진미와 해오르미의 현미밥이 발아현미밥에 비하여 훨씬 높은 것으로 나타난 반면, 세계진미와 청해진미는 현미밥과 발아현미밥에서 각각 48.75, 43.58와 45.79, 48.96 값으로 유사한 경향을 보였다. 찰기(stickiness)에서는 해오르미와 영호진미에서의 발아현미밥이 현미밥에 비하여 높았으며 세계진미는 현미밥과 발아현미밥이 비슷한 값을 나타내었다. 반면에 청해진미에서는 현미밥이 발아현미밥에 비하여 높은 수치를 나타내었다. 부착성(adhesiveness)은 조사되어진 품종들 중에서 해오르미와 청해진미가 각각 발아현미밥에 비하여 현미밥이 높았으며 영호진미에서는 발아현미밥의 부착성이 월등히 높았다. 식감을 측정할 결과를 통하여 현미를 발아시켜 식감을 좋게 변화시킬 수 있는 것은 품종에 따라 다른 것으로 보이며 본 연구에서 실험한 품종 중에서는 가장 바람직한 변화를 보인 품종이 영호진미로 판단되어 발아현미 가공용으로 적합할 것으로 보인다.

하여 현미와 발아현미에 대한 품질 특성을 비교·분석하였다. 조사되어진 품종들의 발아율은 96.0% 이상이였으며 단백질 함량은 현미 청해진미가 9.48%로서 가장 높았으며 조사되어진 현미와 발아현미 품종들의 식이섬유 함량은 각각 6.67~7.82%와 7.15~9.91% 수준이었다. 아밀로스 함량은 해오르미를 제외하고는 현미보다 발아현미에서 높았다. RVA 측정 결과, 호화온도는 거의 비슷한 온도(67.97~68.03 °C)이었으며 최고점도는 현미 세계진미로서 204.92 RVU로 가장 높은 수치를 보였다. 강하점도의 경우 발아현미 영호진미로서 9.36 RVU로 가장 낮게 측정되어 가공시 안정도가 높을 것으로 사료된다. 치반점도는 현미 영호진미로서 15.80 RVU로서 조사되어진 품종들 중 가장 높은 것으로 나타났다. 품종별 식감변화를 보면 세계진미와 청해진미는 현미와 발아현미의 차이를 나타내지 않았으나 영호진미와 해오르미는 발아현미밥에서 찰기와 부착성이 증대되어 전반적으로 부드러워지는 경향을 나타내었다. 특히 영호진미는 경도와 끈기가 감소하여 부드러워지고 찰기와 부착성이 상대적으로 많이 증가되어 식감이 향상되는 결과를 나타내어 발아현미용으로 적합할 것으로 판단되었다.

요 약

본 연구에서는 국내 주요 벼 품종들 중 일부 품종들에 대

문 헌

1. Choi ID. 2010. Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1313-1319.

2. Kim WS. 2005. Effect of aging on physicochemical and pasting properties of nonwaxy rice flour and its starch. *Korean Associ Human Ecol* 14: 1037-1046.
3. Woo KS, Jeong EG, Suh SJ, Yang CI, Jeong HS, Kim KJ. 2008. Antioxidant components and antioxidant activities of 70% ethanol extracts on *Suweon-511* and *Ilpum* rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1223-1230.
4. Mo KH, Choi YM, Choi SG, Lee JS. 2006. The change of some compounds in brown rice germinated by filtrate of loess suspension. *J Agric Life Sci* 40: 41-48.
5. Kim SL, Son YK, Son JR, Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J Crop Sci* 46: 221-228.
6. Kim SS, Kim YK, Lee WJ. 1998. Microwave vacuum drying of germinated brown rice as a potential raw material for enzyme food. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1107-1113.
7. Oh YS. 2002. Study on nutritional properties of sprouting brown rice. *MS thesis*. Kongju Nation University, Kongju, Korea.
8. Seo SJ, Choi YM, Lee SM, Kong SH, Lee JS. 2008. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 129-135.
9. Kim MS, Yang HR, Jeong YH. 2004. Mineral contents of brown and milled rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 443-446.
10. Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. 2002. Comparison of nutritional composition in Korean rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 885-892.
11. Won JG, Lee SH, Choi JS, Park SG, Ahn DJ, Park SD, Son JK. 2005. Yearly variation of rice quality in Gyeongbuk province. *Korean J Crop Sci* 50: 69-76.
12. Liu HJ, Watanabe K, Tojo S, Sugiyama T, Makino E. 2002. A study on the effect of storage condition upon rice quality (Part 1). *J Jpn Soc Agr Mach* 64: 52-60.
13. Juliano BO. 1985. *Physicochemical properties of rice*. AACC, St. Paul, MN, USA.
14. Suzuki K, Nakamura S, Satoh H, Ohtsubo K. 2006. Relation between chain-length distributions of waxy rice amylopectins and physical properties of rice grains. *J Appl Glycosci* 53: 227-232.
15. Kim SL, Son YK, Son JR, Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J Crop Sci* 46: 221-228.
16. Son JR, Kim JH, Lee JI, Youn YH, Kim JK, Hwang HG, Moon HP. 2002. Trend and further research of rice quality evaluation. *Korean J Crop Sci* 47: 33-54.
17. Kim MS, Jeong JI, Jeong YH. 2003. Amino acid composition of milled and brown rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1385-1389.
18. Cho DH, Chung HJ, Cho HY, Lim ST. 2011. Health functions and utilization products of germinated brown rice. *Food Sci Ind* 44: 76-86.
19. 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.
20. Ohtsubo K, Suzuki K, Yasui Y, Kasumi T. 2005. Bio-functional components in the processed per-germinated brown rice by a twin-screw extruder. *J Food Compo Analy* 18: 303-316.
21. Lee MH. 2002. *Rice quality and eating quality evaluation*. Rural Development Administration, Suwon, Korea. p 75-102.
22. Zhout Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. 2002. Aging of stored rice: changes in chemical and physical attributes. *J Cereal Sci* 35: 65-78.
23. Heu MH, Moon HP. 1974. Basic studies for the breeding of high protein rise IV. Effect of short-day and high-temperature treatment on the amylose and crude protein content of rice. *Korean J Crop Sci* 14: 129-133.
24. Park CE, Kim YS, Park DJ, Park KJ, Kim BK. 2011. Pasting and sensory properties of commercial rice products. *Korean J Food Sci Technol* 43: 401-406.
25. Kim HR, Kwon YH, Kim JH, Ahn BH. 2011. Quality analysis of diverse rice species for rice products. *Korean J Food Sci Technol* 43: 142-148.
26. Song YE, Cho SH, Kwon YR, Choi DC. 2008. Quality of Jeonbuk-originated brand rice compared with other domestic brand and imported market rice. *Korean J Crop Sci* 53: 347-352.
27. Applications Manual for the Rapid Visco TM Analyser. 1998. Newport Scientific Pty., Ltd., Warriewood, Australia. p 13-15.
28. Ham XZ, Hamaker BR. 2001. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *J Cereal Sci* 34: 279-284.
29. Kum JS, Choi BK, Lee HY, Park JD. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J Food Preserv* 11: 182-188.
30. Kumar S, Puneekar NS, SatyaNarayan V, Venkatesh KV. 2000. Metabolic fate of glutamate and evaluation of flux through the 4-aminobutyrate (GABA) shunt in *Aspergillus niger*. *Biotechnol Bioeng* 67: 575-584.
31. Oh SH, Kim SH, Moon YJ, Choi WG. 2002. Changes in the levels of γ -aminobutyric acid and some amino acids by application of a glutamic acid solution for the germination of brown rices. *Korean J Biotechnol Bioeng* 17: 49-53.
32. Choi ID. 2010. Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1313-1319.
33. Jeon GN, Lee MY, Yoon JM, Jang SH, Jung MR, Jeong HS, Lee JS. 2010. Effects of heat treatment and selected medicinal plant extracts on GABA content after germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 154-158.
34. Lee H, Cho JY, Gao TC, Choi CR, Lee KD, Cho JE, Cho GS, Ham KS. 2008. Increment of physiologically active compounds in germinated brown rice treated with chitosan and its effect on obesity of rat fed a high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 985-991.
35. Kinefuchi M, Sekiya M, Yamazaki A, Yamamoto K. 1999. Accumulation of GABA in brown rice by high pressure treatment. *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi* 46: 323-328.

(2012년 3월 22일 접수; 2012년 6월 25일 채택)