

통일형 벼 품종을 이용한 파보일드미 영양성분 비교

유재수 · 김현순 · 이점호 · 하기용*

국립식량과학원 벼백류부

Comparison of Nutritional Composition of Parboiled Rice Using High-yielding Tong-il Types

Jae-Soo Yoo, Hyun-Soon Kim, Jeom-Ho Lee, and Ki-Yong Ha*

Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Republic of Korea

Abstract

The nutritional composition of polished (unparboiled rice) and parboiled rice was compared using three high-yielding Tong-il types. Crude protein, crude lipid, and crude ash of proximate composition after parboiling were higher than those in polished rice. In terms of mineral composition, K scored the highest followed by P, Mg, Ca, and Na. All the compositions increased after parboiling except in Ca. The total content of mineral composition of polished and parboiled rice were 257.5-276.5 mg/100 g, and 533.2-588.6 mg/100 g, respectively, which resulted in 2.1 times increase after parboiling. Vitamin B₁ content was the highest among the polished rice of the Dasan cultivar with 0.1530 mg/100 g and increase in parboiled rice by 2.0 times. The total amino acid content was highest in the polished rice of the Dasan cultivar. An increase in amino acid content in Saegyejinmi cultivars was observed after parboiling while the others showed a decrease. In terms of essential amino acid content, the highest was leucine while the lowest was methionine. Glutamic acid scored the highest and cystine the lowest in terms of non-essential amino acid content.

Key words: parboiled rice, Tong-il type, vitamin B₁ content, amino acid content

서 론

쌀은 우리 조상 대대로 이어져 온 주식으로 인체활동에 필요한 에너지를 공급해주고 건강을 지켜주는 중요 자원 중의 하나이다(Slavin et al., 1997; Ha et al., 2006; Jung et al., 2007). 그러나 산업화에 따른 맛벌이 부부가 늘어나면서 식생활의 소비형태가 변하고 입맛이 서구화 됨으로써 우리 쌀의 우수성은 제대로 인식되지 못하고 쌀 소비량은 매년 감소 추세에 있다.

우리 쌀의 우수성과 쌀 소비 확대를 위해서는 쌀의 영양학적 가치에 대한 전략적인 홍보가 필요하며, 소비자들의 눈높이에 맞는 맞춤형 가공 제품 및 건강 증진을 위한 기능성 식품 등 고부가가치 제품 개발이 요구된다.

파보일드미는 수화 가열에 의해 만들어지는 가공미로 그 간 보고된 바와 같이 일반 백미보다 경제적이며 여러 가지 영양적인 장점이 수반된다(Yoo et al., 2012; Yoo et al.,

2013a; Yoo et al., 2013b). 즉, 전분이 많은 배유층(endosperm layer)은 파보일딩에 의해 도정 저항성이 커져 겨층(bran layer)이나 배아(germ)가 더 효과적으로 분리되며, 파보일딩 후 쇠미가 적어지기 때문에 도정수율이 향상되고, 쌀알의 구조는 더 조밀하고 치밀해져 해충의 피해가 적어진 다(Bhattacharya, 2011). 또한 미강에 있는 영양분들은 전배 유층으로 떨어져나가 비타민과 무기염 등의 함량이 높아지며, 특히 티아민(thiamine) 함량이 높아져 각기병 예방 차원으로 여러 국제 기구에서도 파보일드미 이용을 권장하고 있다(Aykroyd, 1932; Kik, 1946; Heinemann et al., 2005).

통일형 벼는 벼 형태 중 인디카의 높은 수량성과 우리나라 기후에 맞는 자포니카 특성을 조합시켜 만든 품종으로 1970년대 녹색 혁명의 계기가 되었고 식량 자급을 완전히 해결해 준 품종이었다. 이러한 다수성인 통일벼는 자포니카형 보다 수확량은 높았으나 아밀로오스 함량(24%)이 높아 밥의 끈기가 적고, 저온에 약한 특성을 가지고 있어 그동안 우리 식탁에서 멀어져 있었다. 그러나 최근 들어 통일형 품종은 기후 온난화에 따른 쌀 생산량이 감소되고 정부의 가공 식품 확대 개발에 따른 원료미의 안정적 확보를 위해 다시 관심을 가지게 되었다(Cho et al., 2012a; Cho et al., 2012b).

*Corresponding author: Ki-Yong Ha, Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan, 570-080, Korea
Tel: +82-63-840-2132; Fax: +82-63-840-2119
E-mail: ha0ky04@korea.kr
Received October 5, 2014; revised October 27, 2014; accepted November 11, 2014

본 연구에서는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성된 다수성 통일형 품종을 이용하여 파보일드미 제조 후 다양한 영양성분을 비교 검토함으로써 파보일드미의 영양적 우수성을 규명하고, 파보일드미 이용 가공제품 제조를 위한 기초자료로 활용하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

농촌진흥청 식량과학원에서 육성한 다수성 통일형 품종인 메벼 다산, 세계진미 및 한아름 2호 3 품종이 사용되었다. 실험에 사용한 원료미(polished rice; un-parboiled rice)는 일반 정백미(10분도미)로서 파보일드미의 대조구로 이용되었다.

파보일드미 제조

볍씨는 여러 번 씻어 65°C의 물에 수분함량 30%가 될 때까지 침지하여 40분 동안 증자하였고 40°C가 유지되는 건조기에 쌀의 임계 수분함량인 12~14%가 될 때까지 건조하였으며, 건조 후 도정기를 사용하여 10분도로 도정하였다. 이렇게 제조된 파보일드미는 4°C가 유지되는 저온저장고에 보관하였고, 분석용 가루는 분쇄 후 100 mesh 체로 쳐서 사용하였다.

일반성분

원료미와 파보일드미 가루의 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 AOAC법에 따라 분석하였다(AOAC, 1995). 조단백질은 미량 Kjeldahl 법을, 조지방은 에테르를 용매로 사용하여 Soxhlet 법을, 조회분은 550°C에서 직접 회화법을 이용하였다. 탄수화물 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량을 뺀값으로 계산하였다.

무기질 정량

시료 제조는 습식 분해법(Yun et al., 2003)을 이용하였다. 시료 0.5 g을 65% HNO₃ 6 mL와 30% H₂O₂ 1 mL를 teflon bottle에 넣고 microwave digestion system (Ethos-1600, Shelton, CT, USA)을 이용하여 30분간 산 분해시킨 후 0.45 filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다. 측정은 inductively coupled plasma spectrometer (Perkin-Elmer SCIEX, Norwalk, CT, USA)를 사용하였으며, 분석 조건은 Table 1과 같다.

비타민 B₁ 함량

시료 10 g을 칭량하여 10% 삼염화초산 용액 25 mL를 넣고 균질화 시킨 후 최종 부피가 50 mL이 되도록 맞추었다. 고속원심분리기를 이용하여 10,000 rpm에서 30분간 원심분리 한 후, 상정액 1 mL를 취하여 4 M 초산나트륨용액 150 µl (pH 4.5-4.7), 2% 다카디아스타제 용액 50 µl를 주

Table 1. Analytical conditions of ICP for the determination of mineral.

Classification	Conditions
Flush pump rate	2.00 ml/min
Analysis pump rate	2.00 ml/min
Rf power	1,150 W
Nebulizer flow	25.0 psi
Wave length (nm)	Ca 393.366
	P 324.754
	K 766.491
	Mg 279.553
Argon flow rate	Na 589.592
	2.00 ml/min

Table 2. Operation conditions of HPLC instrument used for the vitamin B₁ measurements.

Classification	Condition
Column	Luna IOu C ₁₈ (4.6×250 mm)
Mobile phase	MeOH : Ammonium acetate (3:7, V/V)
Flow rate	Main column: 0.7 mL/min, Reagent pump: 0.7 mL/min
Oven temperature	30°C
Injection volume	20 µL
Detector	474 Fluorescence Detector (Ex : 375 nm, Em : 450 nm)

입하고 교반하면서 37°C에서 8시간 방치하였다. 이 액을 0.22 µm membrane filter로 여과한 후 시험용액으로 사용하였다. 분석조건은 Table 2와 같다.

구성 아미노산 함량

시료 0.03 g(단백질 10 mg 함유)을 칭량하여 6 N HCl 10 mL를 넣고 110°C 가열로에서 24시간 가수분해한 후 40°C에서 감압 농축 건조하여 시료로 이용하였다. 분석은 HPLC (Sykam Co., Ltd., Gilching, Germany)를 사용하였고, 조건은 Table 3과 같다.

통계처리

각 시료간 유의성 검증은 SAS 통계처리 프로그램(SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하였다. 각 자료는 분산분석에 의해 유의성을 검정하였고, Duncan의 다중범위 검정을 실시하여 유의적인 차이를 $p < 0.05$ 수준으로 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

벼 품종 별 일반성분 비교

쌀에 함유되어 있는 일반성분 중 단백질, 지방, 회분은 구성하고 있는 성분의 정도에 따라 밥의 식미, 가공 및 저장성 등에 영향을 미친다. 주로 쌀알 외층에 존재하며 전

Table 3. Operation conditions of HPLC instrument used for amino acid analysis.

Classification	Condition
Column	LCA K06/Na Column (4.6×150 mm) A(L): pH 3.45, Sodium citrate 11.8 g, Citric acid 6.08 g, Methyl cellulose 65 mL, HCl (32%) 6.0 mL
Mobil phase (5:5, V/V)	B(L): pH 10.8, Sodium citrate 19.6 g, NaOH 2.5 g, Boric acid 5.0 g
Flow rate	0.45 mL/min
Oven temperature	55°C
Injection volume	200 µL
Instrument	Sykam S4300 UV detector, 570 nm
	Sykam S7130 Reagent organizer
	Sykam S5200 Auto sampler Sykam S2100 Pump system

분입자 사이에 분포되어 있는 단백질은 쌀의 수분 흡수, 취반 시 투수성 및 전분 입자의 호화·팽화에 영향을 주고 함량이 높으면(9% 이상) 영양적으로는 우수하나 밥을 지었을 때 밥알이 단단하고 탄력과 점성이 떨어지는 등 식미가 감소된다(Choi, 2002; Son et al., 2002; Champagne et al., 2004). 지방은 배아 호분층에 많이 분포되어 있고 일부 전분과 결합된 지질 상태로 존재하며 취반 시 전분의 나선 구조와 결합하여 호화를 억제시키고 장기 저장 시 고미취의 원인이 되기도 한다(Godber & Juliano, 2004; Prakash et al., 2014). 회분은 각종 무기성분을 포함하는데 전분의 호화, 노화 및 식미에 영향을 주며 함량이 낮을수록 가공 가열 시 최고점도가 높아져 반죽형성에 유리하고, 노화 정도가 느려지며, 성분 중 Mg 함량이 높고 K 함량이 낮을수록 식미가 좋아진다(Okamoto et al., 1992; Choi, 2002; Kim et al., 2004).

쌀 품종 중 통일형 다수계인 다산, 세계진미 및 한아름 2호를 이용하여 파보일드미 제조 후 수분, 탄수화물, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량 분석 한 결과는 Table 4와 같다.

수분함량은 원료미와 파보일드미의 경우 각각 13.5~14.0, 12.5~13.0%로 파보일링 후 감소하였고 탄수화물 함량은 77.4% 정도로 큰 차이가 없었다. 조단백질 함량은 각각 6.8~8.3%, 7.3~8.4% 범위로 파보일링 후 모든 품종에서 약

간 증가되는 경향을 나타냈다. 파보일드미의 단백질함량에 대한 다양한 연구가 보고되었다. Raghavendra Rao et al.(1970)와 Hiromich et al.(1983)은 침지 시 수용성 질소 화합물이 용해되고, 비단백질소와 알부민 등이 방출되어 약간 감소되며, Bhattacharya(2011)는 가열에 의해 쌀의 단백질체는 붕괴되고 용해도는 감소되나 파보일링에 의해 영향을 받지 않으며, Sareepuang et al.(2008)와 Lee et al.(2010)은 파보일링 후 증가된다는 보고를 하여 본 연구와 같은 결과를 나타냈다.

한편 파보일드미 알곡내에 함유된 단백질은 소화율은 감소되나 생물가는 증가되어 체내 흡수율이 높아지기 때문에 성장기 어린이 및 청소년에게 권장되어진다(Eggum, 1979).

조지방 함량은 원료미와 파보일드미의 경우 각각 0.82~0.98%, 1.00~1.36% 범위로 품종 중 세계진미가 가장 높았고 파보일링 후 약 1.4 배 증가되었다. 파보일드미의 지질 함량은 파보일링 하는 동안 알곡표면으로 이동되어 미강 부분에서 높고, 도정 후 원료미와 현미보다 낮아지며 침지 온도가 높을수록 낮고, 증자시간이 길고 높은 압력에서 높다는 보고가 있다(Ibukun, 2008; Sareepuang et al., 2008). 그러나 Lee et al.(2010)와 본 연구의 결과에서는 반대의 경향을 나타내 파보일링 후 쌀알곡에 분포되어있는 지방구의 위치 및 구조의 차이가 다양하기 때문으로 판단되었다(Sondi et al., 1980).

한편, 지방은 미곡 저장 시 여러 미생물들의 작용으로 산패의 원인이 되는데 파보일드미는 파보일링 과정 중 열 처리에 의한 리파아제(lipase)의 불활성화로 저장기간이 연장된다(Juliano & Bechtel, 1985; Sujatha et al., 2004).

회분함량은 원료미와 파보일드미의 경우 각각 0.46~0.50%, 0.80~0.90% 범위로 품종 간 유의적인 차이는 없었으며, 파보일링 후 약 1.8 배 증가되었다. 파보일드미 회분 함량은 원료미보다 증가되는데 파보일링 과정 중 증자 시 여러 무기성분들이 알곡내로 깊숙이 이동되기 때문이며 증자 시간이 길어질수록 증가 된다(Sujatha et al., 2004; Ibukun, 2008). 이상의 결과로부터 단백질, 지방 및 회분함량은 원료미보다 파보일드미에서 높았고, 품종 간 유의적인 차이는 없었으며, 영양성분 함량이 강화된 파보일드미는 체내 흡수율이 높기 때문에 식사대용 스프 및 과자 등

Table 4. Proximate composition of polished and parboiled rice with cultivars of Tong-il types.

Unit : (%)

Varieties	¹⁾ Polished rice					Parboiled rice				
	Moisture	Carbo-hydrate	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Moisture	Carbo-hydrate	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
Dasan	13.5±0.02 ^a	76.9±0.02 ^a	8.3±0.15 ^a	0.84±0.11 ^b	0.46±0.06 ^{ab}	12.5±0.02 ^a	77.3±0.02 ^a	8.4±0.04 ^a	1.00±0.05 ^{ab}	0.80±0.02 ^{ab}
Saegyejinmi	14.0±0.01 ^a	77.0±0.01 ^a	7.5±0.13 ^b	0.98±0.05 ^a	0.48±0.03 ^a	13.0±0.01 ^a	77.0±0.02 ^a	7.7±0.06 ^b	1.36±0.03 ^a	0.90±0.02 ^a
Hanareum2	13.7±0.01 ^a	78.2±0.01 ^a	6.8±0.23 ^{bc}	0.82±0.07 ^b	0.50±0.00 ^a	12.7±0.01 ^a	77.8±0.01 ^a	7.3±0.08 ^b	1.31±0.01 ^a	0.90±0.01 ^a

The values indicate the mean±SD of triplicate.

^{a,b,c)}Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾un-parboiled rice

Table 5. Comparison of mineral contents of polished and parboiled rice with cultivars of Tong-il types. Unit : (mg/100 g)

Varieties	¹⁾ Polished rice						Parboiled rice					
	K	Mg	Na	P	Ca	Total contents	K	Mg	Na	P	Ca	Total contents
Dasan	114.22 ^a	28.74 ^a	8.57 ^{ab}	109.59 ^a	11.4 ^a	272.5 ^a	241.23 ^{bc}	60.52 ^{ab}	10.18 ^c	210.14 ^a	11.12 ^a	533.2 ^{bc}
Saegyejinmi	109.26 ^a	31.04 ^a	15.86 ^a	108.75 ^a	11.55 ^a	276.5 ^a	250.34 ^b	67.59 ^a	22.73 ^a	210.96 ^a	10.12 ^a	561.75 ^{ab}
Hanareum2	116.14 ^a	22.33 ^{ab}	7.99 ^{ab}	99.57 ^{ab}	11.46 ^a	257.5 ^{ab}	271.85 ^a	68.55 ^a	20.51 ^{ab}	216.43 ^a	11.23 ^a	588.56 ^a

^{a,b,c}Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾un-parboiled rice

의 간편식 가공제품 제조에 이용이 가능하리라 생각된다.

벼 품종별 미량성분 비교

무기질은 체내 생리작용에 중요하게 이용되어지며 주로 체액의 산-염기 평형, 삼투압 조절, 뼈와 치아, 단백질 및 효소의 구성성분이 되고, 이온으로 존재 시 생체 내 효소의 작용을 촉진한다. 이러한 미량성분들은 많은 양은 필요하지 않지만 부족하게 되면 여러 질병의 위험에 노출되기 쉽다(Heinemann et al., 2005).

쌀에 함유된 무기질은 품종, 재배지 등에 따라 함량 차이를 나타내며 가공처리 조건 및 공정 등에 영향을 받는다(Juliano, 1985; Welch, 2002; Kim et al., 2004).

공시된 통일형 품종 원료미와 파보일드미의 미량성분 분석결과는 Table 5와 같다.

미량성분은 모든 품종에서 K 함량이 가장 높고 $P > Mg > Ca > Na$ 순이었으며, 파보일링 후 Ca 이외의 성분들은 증가되었다. 미량성분의 총합량은 통일형 원료미와 파보일드미의 경우 각각 257.5~276.5, 533.2~588.6 mg/100 g으로 파보일링 후 약 2.1 배 증가되었고 품종 중 한아름2 호가 가장 높았다.

파보일링 후 증가된 총 무기질 함량은 원료미의 경우 주로 알곡의 외부, 호분층 및 과피에 분포되어 있어 도정으로 인한 손실이 크고(Heinemann et al., 2005), 파보일드미의 경우 파보일링 과정 중 침지 시 미량성분들이 알곡 중심으로 이동되고, 증자 시 전분의 재회합으로 도정 저항성이 커져 도정에 따른 영향을 적게 받기 때문이다(Bhattacharya, 2011; Prakash et al., 2014).

또한 자포니카 품종에 대한 이전 연구결과에서 원료미와 파보일드미의 총무기질 함량은 각각 179.9~212.3, 262.2~320.6 mg/100 g 범위를 나타내 통일형 품종이 각각 28, 49% 높아짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 통일형이 자포니카 품종보다 수분 흡수율이 높고, 왕겨층이 두꺼워 많은 미량성분들이 알곡중심으로 이동되어 증가되었기 때문으로 판단된다(Chung et al., 1998; Lee et al., 1989; Juliano et al., 1993; Wang et al., 2002; Kim et al., 2004; Yoo et al., 2013a).

Damir et al.(1985)은 파보일드미의 무기질 함량은 침지, 증자 시 쌀알을 통과하는 수용성 무기염 때문에 증가되고,

Sajwan et al.(1990)과 Prakash et al.(2014)은 도정미의 무기질 함량의 손실은 파보일링 처리에 의해 감소되며, Heinemann et al.(2005)은 도정율이 높아짐에 따라 쌀의 총 미량 성분의 감소의 폭은 원료미에서 크고 파보일드미에서 완만하다는 보고를 하였다.

이상의 결과로부터 쌀의 무기질 총합량은 파보일링 처리 함으로써 증가되고, 도정 후 손실율은 낮아지며, 가공처리 및 공정 조건(침지 온도, 증자 방법, 도정도) 등을 확립함으로써 향상시킬 수 있다고 판단된다.

비타민 B₁ 함량 비교

비타민은 생체 내 대사 및 생리 기능에 촉매 작용을 하는 유기 화합물로서 체내에서 충분한 양이 합성되지 않기 때문에 외부로부터 섭취되지 않으면 안 된다. 비타민 B₁은 동물조직에서 티아민 피로포스페이트(thiamin pyrophosphate, TPP)로 존재하며, 이 TPP는 피루브산 탈수소효소 등의 조효소로 작용하여 생체 내 당질대사에 중요한 역할을 한다. 결핍되면 당질대사가 순조롭게 진행되지 못하여 피루브산(pyruvic acid)과 젖산(lactic acid)이 조직 속에 축적됨으로써 사람에게 있어서는 각기(beriberi)가 되고 동물에서는 신경염(polyneuritis)에 걸리며 피부 및 수족이 마비되고 부종을 일으키게 된다(Kwak et al., 2006). 그 필요량은 열량소모량에 영향을 받으며 육체 노동자, 임산부 및 수유부에게 많고 탄수화물 과잉섭취 시 증가 된다.

공시된 벼 3 품종에 대한 원료미와 파보일드미의 비타민 B₁ 분석결과는 Table 6과 같다. 비타민 B₁ 함량은 원료미의 경우 0.0722~0.153 mg/100 g으로 품종 중 다산이 가장 높고 한아름2호가 낮았으며, 파보일드미의 경우 품종 중 세

Table 6. Comparison of thiamine content of polished and parboiled rice with cultivars of Tong-il types. Unit : (mg/100 g)

Varieties	¹⁾ Polished rice	Parboiled rice
Dasan	0.1530 ^a	0.2340 ^{ab}
Saegyejinmi	0.1420 ^{ab}	0.2542 ^a
Hanareum2	0.0722 ^c	0.2263 ^{bc}

^{a,b,c}Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾un-parboiled rice

Table 7-1. Comparison of amino acid contents of polished rice with cultivars of Tong-il types. Unit : (mg%)

	Asp	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Cys-Cys	Val	Met	Ileu	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Arg	Total contents
Dasan	1042.6 ^a	499.7 ^a	701.5 ^a	2334.4 ^a	1670.8 ^a	476.5 ^a	612.8 ^a	176.9 ^a	464.5 ^a	91.6 ^b	342.0 ^a	876.2 ^a	537.8 ^a	564.7 ^a	222.0 ^a	364.3 ^a	881.9 ^a	11860.2 ^a
Saegyjinmi	562.6 ^c	322.3 ^{bc}	367.1 ^c	1168.5 ^{bc}	740.7 ^c	267.9 ^{bc}	343.8 ^c	101.6 ^{bc}	263.8 ^{bc}	58.1 ^c	206.7 ^{bc}	498.6 ^c	262.6 ^{bc}	345.7 ^c	144.5 ^b	196.5 ^{bc}	518.0 ^c	6370.0 ^c
Hanareum2	671.3 ^{bc}	357.4 ^{bc}	408.7 ^{bc}	1412.2 ^b	1061.0 ^b	328.7 ^b	436.2 ^b	120.0 ^b	318.0 ^b	116.9 ^a	257.8 ^b	617.5 ^b	284.7 ^b	408.3 ^b	173.2 ^b	257.2 ^b	651.4 ^b	7880.5 ^b

^{a, b, c}Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 7-2. Comparison of amino acid contents of parboiled rice with cultivars of Tong-il types. Unit : (mg%)

	Asp	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Cys-Cys	Val	Met	Ileu	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Arg	Total contents
Dasan	843.8 ^a	309.3 ^{ab}	562.8 ^a	1942.2 ^a	1453.6 ^a	412.8 ^a	520.1 ^a	161.0 ^a	426.4 ^a	204.5 ^a	280.4 ^a	725.7 ^a	427.3 ^a	455.0 ^a	242.5 ^a	307.9 ^a	803.2 ^a	10078.5 ^a
Saegyjinmi	697.4 ^b	385.0 ^a	483.7 ^b	1390.8 ^b	950.0 ^b	352.8 ^{ab}	456.5 ^{ab}	140.9 ^{ab}	355.3 ^b	46.4 ^c	260.0 ^{ab}	604.9 ^b	346.1 ^b	434.6 ^{ab}	194.8 ^b	251.7 ^{ab}	566.9 ^b	7917.8 ^b
Hanareum2	646.2 ^b	396.0 ^a	381.8 ^{bc}	1357.4 ^b	956.2 ^b	334.7 ^{ab}	418.6 ^b	124.9 ^b	324.7 ^b	72.4 ^c	224.4 ^b	560.8 ^b	286.3 ^c	377.6 ^b	176.0 ^b	293.3 ^a	558.8 ^b	7436.1 ^b

^{a, b, c}Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

계진미가 가장 높고 0.2263~0.2542 mg/100 g으로 원료미보다 약 2.0 배 향상되었다.

또한 이전 연구결과에서 자포니카 품종을 이용한 티아민 함량은 원료미와 파보일드미의 경우 각각 0.0572~0.1410, 0.3183~0.3532 mg/100 g으로 원료미보다 3.8 배 향상되었음을 보고한 바 있다(Yoo et al., 2013a). 이러한 결과로부터 티아민 함량은 원료미의 경우 자포니카형이 통일형보다 낮은 값(28%)을 나타낸 반면, 파보일드미의 경우 미강층이 두꺼운 자포니카 품종이 통일형보다 약 30% 더 높아짐을 알 수 있었다(Lee et al., 1989; Kim et al., 2004).

비타민 B₁ 함량은 파보일링 과정 중 침지 시 침지온도가 높고 증자시간이 길며, 파보일드미 강도가 강할수록 증가되고(Pauda & Juliano, 1974; Darmir et al., 1985; Manful et al., 2007), 수용성이고 열에 약하기 때문에 침지와 증자 시 손실되고 파괴된다 할지라도 두꺼운 미강층에 분포되어 있는 티아민은 배유로 완전 이동되어 함량은 증가되며(Doesthale et al., 1979), 건조과정을 거치면서 전분이 재회합됨에 따라 도정 시 원료미보다 손실이 적다(Chukwu & Oseh, 2009; Bhattacharya, 2011; Prakash et al., 2014).

이상의 결과로부터 비타민 B₁의 함량은 품종 형태에 영향이 있고, 파보일링 후 높아지며, 가공 처리 조건을 최적화함으로써 향상시킬 수 있다고 판단되어진다.

한편, 쌀의 미강층에 많이 함유되어 있는 영양분, 특히 비타민 B군은 도정율이 커질수록 손실이 크고, 저장 시 아밀라아제, 리파제 등의 여러 효소작용으로 산패가 빠르며, 씻을 때 영양 손실이 크다고 알려져 있는데 파보일링 처리 후 이러한 문제점들은 감소될 수 있다(Malekian et al., 2000; Tuncel et al., 2014).

구성 아미노산 함량 비교

단백질은 체내에서 생체물질 조절, 화학반응에 필요한 효소, 면역체계 세포 및 생리 기능 조절 호르몬을 만드는

등 다양한 곳에 이용되어지며, 여러개의 아미노산들이 펩타이드 결합에 의해 이루어져 있다. 단백질의 원료로 사용되어지는 아미노산은 물에 잘 용해되며, 완충능력이 있어 pH 변화를 완만하게 하고, 등전점에서 침전이 쉬워 분리가 용이하며, 화학반응에 의해 여러 성분들 제조가 가능하고, 아미노산마다 특유한 맛을 가지고 있어 식품의 맛에 영향을 미치는 등 다양한 특성을 가진다.

쌀 품종 중 통일형 다수계인 3 품종 다산, 세계진미 및 한아름을 대상으로 파보일드미 제조 후 원료미와 파보일드미의 아미노산 함량 분석 결과는 Table 7-1, 2 및 8-1, 2와 같다.

총아미노산 함량은 원료미의 경우 6,370.0~11,866.0 mg%으로 단백질 함량이 가장 높은 다산 품종이 가장 높고 세계진미가 낮았으며, 파보일드미의 경우 7436.1~10,078.5 mg%으로 파보일링 후 세계진미는 증가되었고 나머지 품종들은 감소되었다. 전체 아미노산에 대한 필수 아미노산 함량은 원료미의 경우 1891.7~3203.0 mg% 범위로 다산벼가 가장 높고 세계진미가 낮았으며 파보일링 후 품종 중 세계진미는 2337.9 mg%로 원료미보다 약 1.3 배 증가되었고 나머지 품종은 감소되었다. 비필수 아미노산 함량은 원료미의 경우 품종 중 다산과 세계진미가 각각 8657.2, 5547.4 mg%로 가장 높고 낮았으며, 파보일링 후 필수아미노산 함량과 마찬가지로 품종 중 세계진미는 증가되었고 다산과 한아름

Table 8-1. Comparison of total, essential and non-essential amino acid contents of polished rice with cultivars of Tong-il types. Unit : (mg%)

	TAA ¹⁾	EAA ²⁾	NEAA ³⁾
Dasan	11860.2 ^a	3203.0 ^a	8657.2 ^a
Saegyjinmi	6370.0 ^{bc}	1891.7 ^{bc}	4477.3 ^c
Hanareum2	7880.5 ^b	2333.1 ^b	5547.4 ^b

^{a, b, c}Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ TAA: total amino acid, ²⁾ EAA: essential amino acid, ³⁾ NEAA: non-essential amino acid

Table 8-2. Comparison of total, essential and non-essential amino acid contents of parboiled rice with cultivars of Tong-il types.
Unit : (mg%)

	TAA ¹⁾	EAA ²⁾	NEAA ³⁾
Dasan	10078.5 ^a	2709.2 ^a	7369.3 ^a
Saegyejinmi	7917.8 ^b	2337.9 ^{ab}	5579.9 ^b
Hanareum2	7436.1 ^b	2249.2 ^{ab}	5240.9 ^b

^{a,b}Means in a column sharing a different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ TAA: total amino acid, ²⁾ EAA: essential amino acid, ³⁾ NEAA: non-essential amino acid

품종은 감소되었다. 모든 품종에서의 필수 아미노산 함량은 대략 Leu>Phe>Thre>Val>Lys>Ileu>Met 순으로 Leucine이 가장 높고 Methionine이 낮았으며, 비필수 아미노산함량은 Glu>Pro>Asp>Arg>Ser>Ala>Gly>His>Cys 순으로 Glutamic acid 함량이 높고 Cystine이 낮았다.

Raghavendra & Juliano(1970)은 원료미와 파보일드미의 아미노산 비교 연구에서 원료미에는 Glu, Ileu, Leu, Met, Phe, Arg, Gly, His, Pro, Try, Val, Tryp이 많고 파보일드미에는 Ala, Asp, Cys, Lys, Ser, Thre이 많으며, Yang & Cho(1995)는 파보일드미의 총아미노산 함량은 찹지 시 온도가 높고, 증자 시 수증기에 의한 가열보다 압력 사용 시 낮아지고, 각각의 구성아미노산 및 필수아미노산 함량에도 차이가 나며, 도정도에 따라 영향이 있음을 보고하였다. 이상의 결과로부터 원료미와 파보일드미의 아미노산 함량은 품종 간의 영향보다 제조 공정상의 물리적 인자들 즉, 도정도, 찹지 시의 온도와 시간, 증자 시 가열방법과 시간 등에 영향을 받으며 함량증가를 위해서는 실험계획법과 반응표면 분석 등을 이용한 공정 확립이 필요하다고 판단된다.

요 약

다수성 통일형 품종을 이용하여 파보일드미 제조 후 원료미(unparboiled rice, 정백미)와 파보일드미의 다양한 영양성분 비교를 위해 실험을 수행하였다. 일반성분 중 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 파보일링 후 증가되었다. 미량성분은 Ca를 제외하고 K 함량이 가장 높고 P>Mg>Ca>Na 순으로 높았으며, 총함량은 원료미와 파보일드미의 경우 각각 257.5~276.5, 533.2~588.6 mg/100 g으로 파보일링 후 2.1 배 증가되었다. 티아민 함량은 원료미의 경우 품종 중 다산이 가장 높고 한아름2호가 낮았으며, 파보일링 후 약 2.0 배 향상되었다. 총아미노산 함량은 원료미의 경우 품종 중 다산벼가 가장 높았고, 파보일링 후 세계진미는 증가되었고 나머지 품종들은 감소되었다. 필수 아미노산 함량은 루이신이 가장 높고 메티오닌이 낮았으며, 비필수 아미노산 함량은 글루탐산이 높고 시스틴이 낮았다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 농촌진흥청 연구사업비 및 농림수산식품 기술기획평가원의 지원사업(세부과제명: 파보일드라이스 제조 및 이용성 증대 기술개발, 세부과제번호: PJ009116)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- AOAC 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Aykroyd WR. 1932. The effect of parboiling and milling on the antineutritic vitamin B₁ and phosphate content of rice. J. Hyg. Londone. 32: 184-192.
- Bhattacharya KR. 2011. Rice quality. first ed. Woodhead publishing Limited, Cambridge, UK
- Champagne ET, Wood DF, Juliano BO, Bechtel DB. 2004. The rice grain and its gross composition. In: Champagne ET(Ed), Rice. Chem. Technol. third ed. Inc., St. Paul, Minnesota, pp. 77-107.
- Cho JH, Lee JY, Yea US, Park NB. 2012a.Hanareum2: mid-maturing, multiple disease resistance, and high yielding tongil type rice cultivar. Kor. J. Breed. Sci. 44: 205-209.
- Cho JH, Park NB, Song YC, Yea US. 2012b. Saegyejinmi: Multiple disease resistance and mid-late maturing tongil type rice cultivar. Kor. J. Breed. Sci. 44: 611-616.
- Choi HC. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high quality and value added products. J. Crop Sci. 47: 15-32.
- Choe JS, Ahn HH, Nam HJ. 2002. Comparison of nutritional composition in Korean rices. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 885-892.
- Chung YM, Lee JC, Kim Ks, Eun JB. 1998. Chemical compositions rice hulls of 26 varieties. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 376-380.
- Chukwu O, Oseh FJ. 2009. Response of nutritional contents of rice to parboiling temperature. J. Sust. Agri. 3: 381-387.
- Godber JS, Juliano BO. 2004. Rice lipids. In: Champagne ET(Ed), Rice: Chem. Technol. third ed. Inc., St. Paul, Minnesota, pp. 108-138.
- Damir AA. 1985. Comparative studies on physicochemical properties and microstructure of raw and parboiled rice. Food Chem. 16: 1-14.
- Doesthale YG, Devara S, Rao S, Belavady B. 1979. Effect of milling on mineral and trace element composition of raw and parboiled rice. J. Sci. Food Agri. 30: 40-46.
- Eggum BO. 1979. The nutritional value of rice in comparison with other cereals. Chemical aspects of rice grain quality. pp 91-111.
- Ha TY, Ko SN, Lee SM, Kim HY, Jung SH, Kim SR, Kim IH. 2006. Bioactives in rice bran oil improve lipid profile in rats fed high cholesterol diet, Nutri. Res. 25: 597-562.
- Heinemann RJB, Fagundes PL, Pinto EA, Penteado MVC, Lanfer Marquez UM. 2005. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. J. Food Composition Anal. 18: 287-296.

- Hinomichi K, Takeo O, Takashi T, Yuki H. 1983. Effect of parboiling on texture and flavor components of cooked rice. *J. Agric. Food Chem.* 31: 818-823.
- Ibukun EO. 2008. Effect of prolonged parboiling duration on proximate composition of rice. *Sci. Res. Essay.* 3: 323-325.
- Juliano BO. 1985. Rice properties and processing. *Food Rev. Int.* 3: 432-445.
- Juliano BO, Bechtel DB. 1985. The rice grain and its gross composition. In: Juliano BO(Ed), *Rice. Chem. Technol.* second ed. Inc., St. Paul, Minnesota, pp. 17-57.
- Juliano BO, Perez CM, Cuevasperez F. 1993. Screening for stable high head rice yields in rough rice. *Cereal Chem.* 70: 650-655.
- Jung EH, Kim SR, Hwang IK, Ha TY. 2007. Hypoglycemic effects of a phenolic acid fraction of rice bran and ferulic acid in C57BL/KSJ-db/db mice. *J. Agric. Food Chem.* 55: 9800-9805.
- Kik MC, 1946. Effect of parboiling on thiamine in rice. *Cereal Chem.* 23: 529-539.
- Kim MS, Yang HR, Jeong YH. 2004. Mineral contents of brown and milled rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 443-446.
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 930-936.
- Kwark BM, Kim SH, Kim KS, Lee KW, Ahn JH, Jang CH. 2006. Composition of Vitamin A, E, B₁ and B₂ contents in korean cow's raw milk in korea. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 26: 245-251.
- Lee BY, Kim YB, Ushio M, Shinjiro C. 1989. Morphological characters of Tong-il and Japonica of rice grains. *J. Crop Sci.* 34: 384-389.
- Lee MK, Park JS, Na HS. 2010. Physicochemical properties of *Olhyossal*(parboiled rice). *Korean J. Food Preserv.* 17: 208-213.
- Malekian F, Rao RM, Prinyawiwatkul W, Marshall WE, Windhauser M, Ahmedna M. 2000. Lipase and lipoxigenase activity, functionality and nutrient losses in rice bran during storage. *Bull. La. Agric. Exp. Stn. LSU Agric. Cent.* 870: 1-68.
- Manful JT, Swetman AA, Coker RD, Drunis A. 2007. Change in the thiamine and riboflavin contents of rice during artisanal parboiling in Ghana. *Tropical Sci.* 47: 211-217.
- Okamoto M, Horono T, Sakai M. 1992. Relation of nitrogen content and Mg/K ratio of brown rice to stickiness of cooked rice. *Japan. J. Breed.* 42: 595-603.
- Pauda AB, Juliano BO. 1974. Effect of parboiling on thiamine, protein and fat of rice. *J. Sci. Food Agri.* 53: 1216-1219.
- Prakash O, Rachelle W, Benu A, Peter T. 2014. Parboiled rice: Understanding from a materials science approach. *J. Food Eng.* 124: 173-183.
- Raghavendra RSN, Juliano BO. 1970. Effect of parboiling on some physicochemical properties of rice. *J. Agric. Food Chem.* 18: 289-294.
- Sajwan KS, Kaplan DI, Mittra BN, Pande HK. 1990. Studies on grain quality and the milling performance of the raw and parboiled grains of some selected high yielding rice varieties. *J. Tropic. Agri.* 8: 310-320.
- Sareepuang K, Siriamornpun S, Wijesinghe B. 2008. Effect of soaking temperature on physical, chemical and cooking properties of parboiled fragrant rice. *World J. Agri. Sci.* 4: 409-415.
- Slavin J, Jacobs D, Marquart L. 1997. Whole-grain consumption and chronic disease. *Prot. Mech. Nutr. Cancer.* 27: 14-21.
- Sondi AB, Reddy IM, Bhattacharya KR. 1980. Effect of processing conditions on the oil content of parboiled rice. *Food Chem.* 5: 277-282.
- Son JR, Kim JH, Lee JI, Yoon YH, Kim JK. 2002. Trend and further research of rice quality evaluation. *Korean J. Crop Sci.* 47: 33-54.
- Sujatha SJ, Ahmad R, Rama Bhat P. 2004. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, India. *Food Chem.* 86: 211-216.
- Tuncel NB, Yilmaz N, Kocabyiyik H, Uygur Aysen. 2014. The effect of infrared stabilized rice bran substitution B vitamins, minerals and phytic acid content of Pan breads. *J. Cereal Sci.* 59: 162-166.
- Wang YJ, Wang LF, Shephard D, Wang FD, Patindol J. 2002. Properties and structures of flours and starches from whole, broken, and yellowed rice kernels in a model study. *Cereal Chem.* 79: 383-386.
- Welch RM. 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant and Soil.* 247: 83-90.
- Yang MO, Cho EJ. 1995. The effect of milling on the nutrients of raw and parboiled rices. *Korean J. Soc. Food Sci.* 11: 51-57.
- Yoo JS, Baek SH, Baek MK, Park HS, Kim BK, Ha KY. 2012. Study of soaking conditions and physicochemical characteristics in parboiled rice production using of Japonica rice cultivars. *Food Eng. Prog.* 16: 362-368.
- Yoo JS, Lee MS, Cho YC, Lee JH, Ha KY. 2013b. The physical land pasting properties of parboiled rice using glutinous rice cultivars. *Food Eng. Prog.* 17: 388-395.
- Yoo JS, Park HS, Cho YC, Lee JH, Ha KY. 2013a. Physical characteristics and nutrient composition of parboiled rice using Japonica rice cultivars. *Food Eng. Prog.* 17: 259-265.
- Yun Si, Choi WJ, Choi YD, Lee SH, Lee EH, Ro HM. 2003. Distribution of heavy metals in soils of Shihwa tidal freshwater marshes. *Korean J. Eco.* 26: 65-75.