

아밀로스 함량이 다른 쌀 품종의 이화학적 특성

최 인 덕

국립식량과학원 벼맥류부

Physicochemical Properties of Rice Cultivars with Different Amylose Contents

Induck Choi

Dept. of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, Jeonbuk 570-080, Korea

Abstract

Rice cultivars of Goami2 (G2), Baegjinju (BJJ), and Sulgaeng (SG) with different amylose contents were developed by mutation breeding via *N-methyl-N-nitrosourea* (MNU) treatment to Ilpumbyeo (IP), high japonica rice. They were identified by different appearances such as grain size, color, and shape. In this experiment, the compositional and physical qualities of those cultivars were examined. The G2 rice classified as a high-amylose rice cultivar was significantly higher in its non-digestible carbohydrates contents. Linoleic and oleic acid were composed of 70~75% of all fatty acids composition regardless of milled and brown rice, except G2 rice in which palmitic acid was the major fatty acid followed by linoleic acid and oleic acid in order. Major amino acids were aspartic acid, glutamic acid, and hydroxy lysine. It was found that cysteine contents were higher in the cultivars of endosperm mutant rice. The DSC analysis revealed that enthalpy was the highest in BJJ followed by SG, IP, and G2 rice. The lowest enthalpy of G2 might be attributable to the higher amylose content. Ilpumbyeo in its cooked rice form showed the highest in Toyo value and less in hardness, but G2 was vice versa. Results of gelatinization and cooked rice properties suggest that G2 was less suitable for cooked rice, but has a potential for functional ingredients from nutritional point of view. The BJJ and SG could be used for traditional cooking as well as for processed foods.

Key words: endosperm mutant rice, fatty acid, amino acid, DSC, cooking properties

서 론

쌀은 밀, 옥수수과 함께 세계 3개 곡물에 속하며, 아시아에서 전체의 90% 이상이 생산되며 대부분 소비된다. 우리나라 국민의 주식으로 중요한 위치를 차지하고 있는 쌀은 우리 농민의 주 소득원이기도 하다. 쌀은 낱알의 모양에 따라 장립종, 중립종, 단립종으로 나누며 함유된 전분의 아밀로스 함량에 따라 찰벼와 메벼로 나눈다(1). 동남아시아에서 생산되는 쌀은 장립종으로 아밀로스과 단백질 함량이 높으며 밥이 부슬부슬한 인디카 타입인 반면에, 우리나라와 일본에서는 단백질과 아밀로스 함량을 줄여 윤기 있고, 찰진 품질의 자포니카 타입의 쌀에 대한 선호도가 높다(2,3). 쌀에 함유된 단백질과 전분의 아밀로스 함량은 밥맛에 영향을 준다고 보고되어 있고, 아밀로스 함량이 증가할수록 밥의 부드러움, 끈기, 색, 윤기 등이 감소하여 밥맛이 떨어진다(4,5).

쌀은 건조중량의 약 90%가 아밀로스과 아밀로펙틴으로 구성된 전분으로 이루어져 있으며 품종에 따라 차이는 있으나, 찰벼는 아밀로스가 약 0.8~1.3%가 함유되며, 찰벼를 제

위한 자포니카 타입의 일반미는 8~37%의 아밀로스와 나머지는 아밀로펙틴으로 이루어져 있다. 일반적으로 쌀은 아밀로스 함량에 따라 1~2%는 waxy, 7~20%는 저 아밀로스, 20~25%는 중간 아밀로스와 25% 이상은 고 아밀로스 쌀로 분류된다(6). 아밀로스 함량에 따라 쌀의 소화 및 노화특성 등 품질에 많은 차이를 보이는데, 소화개시온도는 아밀로스 함량이 많을수록 높아지며, 이는 고아밀로스 품종의 전분 입자들은 아밀로스가 낮은 품종보다 밀집된 상태의 입자로 되어 있어 소화 시 팽창에 대한 저항성이 높아지기 때문이다(7). 한편, Huang 등(8)은 소화개시온도가 높을수록 보다 치밀한 결정구조를 지님을 의미한다고 발표한 반면에, Matveev 등(9)은 전분의 결정 내 구조보다 긴 체인이나 큰 결정 구조간의 상호작용에 의해서라고 하였다.

우리나라에서는 1970년대 후반에 통일형 다수성 품종 개발 보급으로 쌀의 자급달성을 이루었으며, 그 후 벼 재배면적 감소로 양질미 생산체제로 전환되었다. 최근에는 식생활 패턴의 서구화로 쌀 소비가 급격히 감소하였고, 건강에 대한 관심의 증가와 밥맛 좋은 쌀을 선호하면서 용도별 고품질

품종을 육성하는 방향으로 변화되고 있다(10). 이러한 연구 추세에 따라 우리 벼 육종 연구진에 의해 양질미 품종인 일품벼로부터 백진주, 설갱, 고아미2호 등 다양한 배유 돌연변이 품종이 개발되었다. 본 연구에서는 일품벼 유래 신행질미의 이용성 증진을 위한 기초자료를 제공하고자 이들 신행질미의 현미와 백미에 대한 이화학적 특성을 비교, 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

일품벼의 수정배에 메칠니트로조우레아(*N-methyl-N-nitrosourea*)를 처리한 돌연변이 품종인, 고아미2호(Goami2), 백진주(Baegjinju), 설갱(Sulgaeng)과 일품벼(Ilpumbyeo)를 사용하였으며, 이들 품종은 농촌진흥청 식량과학원에서 2007년에 수확되었다. 원료쌀인 정조를 현미기로(model SY88-TH, Ssangyoung Ltd., Incheon, Korea) 제현한 현미와, 정미기(model NPL 102M, Ssangyoung Ltd.)로 현미 중량을 기준으로 88%까지 도정한 백미를 시험재료로 사용하였다.

쌀의 성분 분석

일반성분(회분, 조지방, 조단백질) 분석은 AOAC 방법(11)에 의하여 정량하였다. 단백질은 Kjeldahl법으로 질소 환산계수 5.95를 대입하여 계산하였고, 회분은 550°C 직접 회화법, 지질은 에틸에테르를 용매로 Soxhlet 방법으로 분석하였다. 아밀로스 함량은 아밀로스가 나선구조 속에 요오드 분자를 결합시켜 안정된 청자색 혼합물을 형성시키는 특성을 이용하여 아밀로스-요오드 혼합물의 청색을 가장 많이 흡수하는 적색과장에서의 흡광도를 비색계(Cary 3E, Varian Inc., Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 620 nm에서 측정하였다(12). 쌀의 난소화성 다당류 분석은 총 식이섬유 함량으로 결정되었으며, 총 식이섬유 함량은 Megazyme kit를 이용하여 AOAC 방법으로 측정하였다. 시료 1.0 g에 인산완충용액(pH 6.0)을 넣어 끓는 수조에서 heat-stable α -amylase 100 mL를 넣어 15분간 반응시켰고, pH 7.5에서 protease를, pH 4.6에서 amyloglucosidase를 순차적으로 넣어 분해하였다. 방냉 후, 95% 에탄올을 넣어 총 알코올 농도가 80% 되도록 한 다음 1시간 방치한 뒤, 침전된 부분을 여과 건조하여 측정하였다. 일반성분 함량은 3번 반복 측정으로 결정되었다.

지방산 조성 분석

지방산 분석은 Rafael과 Mancha(13)의 방법에 따라 0.5 g의 분말시료에 methanol : heptane : benzene : 2,2-dimethoxypropane : H₂SO₄(37:36:20:5:2, v/v)로 조제된 용액을 가하고, 80°C로 가열하여 digestion 및 lipid transmethylation 처리가 동시에 되도록 하였다. 가열이 끝난 single phase는 상온에서 냉각 후 fatty acid methyl esters(FAMES)를 함유하고 있는 상등액을 취하여 capillary GC에 주입하였다. 지방산 분석에 사용된 GC system은 HP 6890 system FID

(HP Co., Palo Alto, USA)이었고, HP-Innowax capillary (Cross-linked polyethylene glycol) column(0.25 μ m \times 30 m)을 사용하였다. 분석조건은 initial temperature 150°C, final temperature 280°C로서 4°C/min씩 증가되도록 하였고, carrier gas로서 N₂를 10 mL/min으로 흘려주었다. 분석이 진행되는 동안 inlet과 detector의 온도는 각각 250°C 및 300°C가 유지되도록 하였다. 표준 FAME mix(C₁₄-C₂₂)는 Supelco(Bellefonte, PA, USA)사 제품을 사용하였다.

유리아미노산 분석

시료 0.3 g에 5 mL의 6 N HCl을 가하고 N₂ gas로 치환시킨 후 110°C에서 24시간 HCl로 가수분해 후 No.2 여지로 여과하여 10 mL flask에 옮겨 놓고 Milli-Q water로 정용하였다. 이들 중 분자량이 큰 화합물을 제거시키기 위하여 0.1% TFA(solution I)와 80% methanol(solution II)로 Sep-pak C₁₈을 활성화시킨 후, 시료용액을 통과시켜 분석시료로 사용하였다. 아미노산 정량분석은 Amino acid Auto-analyzer(L-8800, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하였다. 아미노산 함량 계산을 위하여 아미노산 표준용액은 Ajinomoto-Takara사(Tokyo, Japan) 제품을 구입하여 사용하였다.

시차 주사 열량계에 의한 호화특성 분석

스텐레스 DSC(differential scanning calorimeter) 팬에 쌀가루 20 mg과 증류수 0.9 mL를 넣고 밀봉하여 1시간 동안 방치한 후 DSC(model DSC Q1000, TA Instruments Inc., New Castle, DE, USA)를 이용하여 20°C에서 150°C까지 10°C/min의 속도로 가열하며 흡열 피크를 얻었다.

식미특성 및 밥의 텍스처 측정

식미특성으로 밥의 윤기치를 간이 측정할 수 있는 palatability 분석인 Toyo 값을 관찰하였다. 백미 시료 33 g을 80°C에서 10분간 취반 후 상온에서 3분간 뜸을 들인다. 그 후, Toyo meter(MA-90B, Yakayama Co. Ltd., Yakayama, Japan)를 이용하여 윤기치를 측정하여 식미특성을 분석하였다. 밥의 텍스처 측정을 위하여 백미 시료 30 g에 쌀 무게 1.25배의 증류수를 첨가하여 열전도가 빠르고 내열성이 있는 스테인리스 컵(직경 60 mm, 높이 70 mm)에 담아 상온에서 20분간 수침 후 전기밥솥에 넣어 취반한 후 10분간 뜸을 들이고, 50°C로 유지되는 보온기에 보관하면서 분석에 사용하였다. 밥의 텍스처는 Texture Analyzer(model TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, UK)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 two-cycle compression, pre-test speed 0.5 mm/sec, post-test speed 0.5 mm/sec, strain 60%, probe diameter 20 mm로 하였다.

통계분석

분석된 결과의 통계분석은 SAS(Ver 8.0, Statistical analysis system) 프로그램을 이용하여 평균, 분산분석(ANOVA), Duncan의 다중범위시험법(Duncan's multiple comparison)

으로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 외관특성

일품벼에서 유래된 배유 돌연변이 품종인 고아미2호, 백진주, 설갱은 원품종인 일품벼에 비하여 형태 및 품질특성에서 매우 다른 특성을 지니고 있다. 외관상으로 일품벼는 색깔이 투명하고 열은 담황색을 나타내고 있으나, 백진주는 찰벼보다 덜 불투명했으며, 설갱은 찰벼보다 배유가 더 뽀얀 특징이 있고, 고아미2호는 열은 황색을 띠면서 대부분이 심복백으로 차 있다고 보고되어 있다(14). 이들 4개의 쌀 품종에 대한 일반성분은 유의한 차이를 보였다(Table 1). 맥강층이 배유를 둘러싸고 있는 현미는 백미에 비하여 지방, 단백질, 회분 함량 및 난소화성 다당류 함량이 현저하게 높았다. 신행질미가 원품종인 일품에 비하여 단백질과 지방함량이 유의하게 높게 나타났는데, 특히 고아미2호는 백미와 현미에서 회분, 지방, 단백질 함량이 다른 품종에 비하여 높게 나타났다. 백진주는 지방이 고아미2호 다음으로 다량 함유되었으며, 그 외 성분들에 대해서는 백진주와 설갱이 비슷한 경향을 나타내었다. 단백질 함량은 벼 품종, 질소 시비량, 토양, 물 관리 등의 요인에 의해서 영향을 받게 되는데, 일반적으로 단백질 함량이 높으면 영양 면에서는 우수하나 색깔, 흡수성 저하, 전분의 호화 및 팽창 억제 등의 문제로 인해 취반시 식미평가에서 낮은 점수를 얻게 된다(15).

아밀로스 및 난소화성 다당류

일품벼 유래 배유 돌연변이 쌀 품종 간의 성분 분석 결과, 특히 아밀로스 및 난소화성 다당류는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 1). 아밀로스 함량은 백미는 9.12~27.18%였으며, 백진주가 9.12%로서 반찰쌀의 특성을 나타내었고, 일품과 설갱은 각각 19.20과 19.38%로서 멥쌀의 특성을 보였다. 고아미2호는 27.18%로서 매우 높은 아밀로스를 함유하고 있는 고아밀로스 쌀 품종에 속하는 것으로 나타

났다. 한편, 각 품종별 현미의 아밀로스 함량은 9.18~25.49%로서 백미에 비하여 다소 낮은 것으로 나타났다(Table 1). 한편, Kang 등(14)이 비교 분석한 백미의 아밀로스 함량에서 일품벼(18.63%), 백진주(6.43%), 설갱(17.23%)은 본 실험의 결과보다 다소 낮았고, 고아미2호는 33.96%로서 본 결과보다 다소 높게 보고되었는데, 이러한 원인은 수확 시기나 재배 조건 등에 의한 차이로서 사료된다. 난소화성 다당류는 고아미2호에서 백미와 현미가 각각 7.25%, 15.94%로서 유의적으로 높았는데, Kang 등(16)과 Kim 등(17)은 고아미2호는 호분층 세포 조직이 잘 발달되지 못했으며 전분립이 작고 배유 세포와 세포 사이에 작은 단백질체(protein body)가 다수 존재하고 있으며, 이러한 구조로 인해 고아미2호의 식감불량과 취반의 어려움이 있다고 보고하였다. 그러나 고아미2호는 *in vivo* 실험결과 현미로 섭취 시 체중 감소 효과 및 비만 환자의 중성지방 감소, 당뇨병 환자의 혈당조절에도 기여함이 보고된 바 있다(18,19).

지방산 조성

일품쌀과 신행질미의 백미와 현미의 지방산 구성을 보면 Table 2와 같다. 현미와 백미의 주된 지방산은 linoleic acid (C18:2), oleic acid(C18:1), palmitic acid(C16:0)로서 전체 지방산의 95% 이상을 차지하고 있으며, 특히 linoleic acid와 oleic acid가 70~75%를 차지하는 양질의 기름이며, 전체 지방산에 대한 불포화지방산(USFA)의 비율에 있어서도 평균적으로 70% 정도를 차지하고 있다. 백미와 현미의 linoleic acid와 oleic acid 조성비를 살펴보면, 고아미2호를 제외한 백진주, 설갱, 일품벼의 백미에는 linoleic acid 함량이 39.18~46.88%이고, oleic acid는 26.92~30.78%인 반면, 현미는 linoleic acid가 39.01~43.97%, oleic acid가 32.25~37.61%를 함유하여 백미와 현미의 지방산 조성에 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편, 고아미2호 백미에는 palmitic acid가 43.74% 함유되어 있어 다른 품종에 비하여 약 13~19% 정도 많이 함유되어 있고, linoleic acid와 oleic acid 함량은 각각 30.40과 23.97%로 상대적으로 적었다. 고아미2호 현미에는

Table 1. Approximate compositions (%) and non-digestible carbohydrates of milled and brown rice

Rice	Cultivars	Ash	Crude lipid	Crude protein	Amylose	NDC
Milled rice	Ilpumbyeo	0.29±0.01 ^b	0.29±0.01 ^d	6.91±0.39 ^b	19.20±0.25 ^b	3.55±0.28 ^b
	Goami2	0.91±0.12 ^a	2.42±0.08 ^a	7.88±0.39 ^a	27.18±0.37 ^a	7.25±0.28 ^a
	Baegjinju	0.34±0.01 ^b	0.91±0.07 ^b	7.10±0.19 ^{ab}	9.12±0.14 ^c	3.45±0.01 ^b
	Sulgaeng	0.31±0.04 ^b	0.65±0.02 ^c	6.57±0.11 ^b	19.38±0.18 ^b	2.59±0.14 ^c
<i>F</i> -value		41.95 ^{***}	414.15 ^{***}	6.94 ^{**}	239.55 ^{***}	110.17 ^{***}
Brown rice	Ilpumbyeo	0.81±0.03 ^c	2.39±0.47 ^c	7.35±0.20 ^b	18.98±0.06 ^b	7.25±0.42 ^{bc}
	Goami2	2.21±0.02 ^a	4.63±0.09 ^a	8.45±0.47 ^a	25.49±0.63 ^a	15.94±0.29 ^a
	Baegjinju	1.01±0.04 ^b	3.31±0.40 ^b	7.97±0.09 ^{ab}	9.18±0.23 ^d	8.25±0.21 ^b
	Sulgaeng	0.84±0.06	2.99±0.08 ^{bc}	7.28±0.38 ^b	17.63±0.56 ^c	6.65±0.14 ^c
<i>F</i> -value		649.50 ^{***}	17.85 ^{***}	5.81 ^{***}	469.12 ^{***}	391.67 ^{***}

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$.

Significant at ^{***} $p < 0.001$ and ^{**} $p < 0.05$ from ANOVA.

NDC (non-digestible carbohydrates) is measured by total dietary fiber analysis.

Table 2. Fatty acid compositions (%) of milled and brown rice

Rice	Cultivars	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	SFA	USFA
Milled rice	Ilpumbyeo	24.92±0.16 ^d	—	28.20±4.47 ^{ab}	46.88±4.31 ^a	24.92±0.16 ^c	75.08±0.16 ^a
	Goami2	43.74±0.67 ^a	1.89±2.68	23.97±0.10 ^b	30.40±1.90 ^c	45.63±2.01 ^a	54.37±2.01 ^c
	Baegjinju	27.88±0.17 ^c	—	30.78±0.55 ^a	41.34±0.72 ^{ab}	27.88±0.17 ^c	72.12±0.17 ^a
	Sulgaeng	30.51±0.73 ^b	3.39±0.07	26.92±0.88 ^{ab}	39.18±0.08 ^b	33.90±0.80 ^b	66.10±0.80 ^b
<i>F</i> -value		531.88 ^{***}	—	3.05	16.50 ^{**}	141.97 ^{***}	141.97 ^{***}
Brown rice	Ilpumbyeo	23.37±1.39 ^b	—	37.61±1.14 ^a	39.01±2.53 ^b	23.37±1.39 ^b	76.63±1.39 ^a
	Goami2	28.47±0.45 ^a	2.65±0.12	36.62±0.78 ^b	31.79±0.38 ^c	31.12±0.33 ^a	68.88±0.33 ^b
	Baegjinju	23.79±0.04 ^b	—	32.25±0.32 ^b	43.97±0.28 ^a	23.79±0.04 ^b	76.21±0.04 ^a
	Sulgaeng	24.14±0.04 ^b	—	33.99±0.27 ^b	41.87±0.23 ^{ab}	24.14±0.04 ^b	75.86±0.04 ^a
<i>F</i> -value		21.11 ^{***}	—	23.05 ^{***}	33.95 ^{***}	53.39 ^{***}	53.39 ^{***}

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$.

Significant at ^{***} $p < 0.001$ and ^{**} $p < 0.05$ from ANOVA.

C16:0, palmitic acid; C18:0, stearic acid; C18:1, oleic acid; C18:2, linoleic acid; SFA, saturated fatty acid; USFA, unsaturated fatty acid.

palmitic acid가 28.47%로 다른 품종과 유사하였고, oleic acid와 linoleic acid가 각각 36.62와 31.79%로 oleic acid가 linoleic acid보다 많이 함유되어 있어서, 나머지 3개의 쌀 품종과 다른 경향을 나타내었다. Taira 등(20)은 불포화지방산인 oleic acid와 linoleic acid 간의 함량 사이에는 부의 상관관계가 나타났으며, 특히 palmitic acid와 linoleic acid 함량은 품종 간에 뚜렷한 차이가 있으며, 이러한 쌀의 지방산 조성은 벼의 품종과 재배시기에 따라서도 변화되는데, 지방산 조성에 가장 주요한 요인은 등숙기 기온에 있다고 보고하였다. 한편, 쌀에 있어서 지방은 단백질 및 전분과 결합된 형태로 조직의 물성 등에 영향을 미치므로 취반 시 식감에 많은 영향을 주는 요인이 된다고 보고되었다(21).

유리아미노산 함량

Table 3은 일품벼 및 신행질미의 백미와 현미의 아미노산 함량을 비교하였으며, 백미의 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, cysteine, hydroxy lysine이고, 현미에서는 aspartic acid, glutamic acid, hydroxy lysine인 것으로 나타났다. 특히 황 함유아미노산인 cysteine의 경우 일품벼에 62.02 nmol 함유된 반면에, 신행질미인 고아미2호, 백진주, 설겅에 각각 109.11, 161.53, 138.37 nmol로 매우 높은 함량을 나타내었다. 그러나 현미에는 백진주 품종에서만 cysteine이 123.86 nmol로 높게 나타났고, 나머지 3개 품종에는 21.80~39.83 nmol 범위로 소량이 함유되어 백미와 현미의 cys-

teine 함량 차이를 보였다. Cysteine은 threonine 및 tryptophan과 함께 함황아미노산의 일종으로, 양질의 단백질을 형성하는 것은 lysine 및 cysteine의 함량이 중요한 역할을 한다고 보고되었다(22). 한편, 고아미2호에는 alanine과 GABA (gamma-aminobutyric acid)가 다량 함유되어 있는 것으로 나타났는데, 백미에는 각각 112.41과 162.94 nmol, 현미에는 146.19와 214.01 nmol로 분석되었다. 고아미2호를 제외한 3개의 쌀품종의 alanine 함량은 매우 적었으며, 일품벼와 설겅에서는 GABA가 검출되지 않았다. GABA는 식물과 미생물에서 생합성 되는 비단백태 아미노산으로 사람의 신경계와 혈액에 주로 함유되어 있으며, 뇌의 골수에 대부분 존재하여, 아세틸콜린이라 불리는 신경전달 물질을 증가시켜 뇌 기능을 촉진하는 주요한 물질이다(23). 뇌기능 개선뿐 아니라, GABA가 혈압강화 및 면역력 강화 등의 효과가 입증(24)되었으며, Choi 등(25)은 발아현미 제조 시의 처리 조건이 GABA 생성에 영향을 주며, 침지온도 40°C에서 8시간 처리 시, GABA 생성이 가장 높았다고 보고하였다. 총 유리아미노산 함량은 백미가 306.42~661.44 nmol이고, 현미는 522.64~773.46 nmol로 현미의 총 유리아미노산 함량이 높았다. 특히, 고아미2호 백미는 일품에 비하여 약 2배 많은 총 유리아미노산이 함유되어 있는 것으로 나타났으나, 설겅은 일품과 비슷한 함량을 보여, 신행질미 내에서도 품종 간의 차이를 보였다. 현미는 신행질미 3 품종에 비슷한 함량의 총 유리

Table 3. Amino acids profile of milled and brown rice

(unit: nmol)

Rice	Cultivars	Asp	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	GABA	Hylys	Total
Milled rice	Ilpumbyeo	57.59	13.71	87.21	9.84	18.59	62.02	—	57.46	306.42
	Goami2	76.29	40.78	70.78	32.36	112.41	109.11	162.94	56.77	661.44
	Baegjinju	122.24	21.73	103.97	16.47	41.52	161.53	26.74	56.02	550.22
	Sulgaeng	78.22	12.61	43.10	8.62	13.48	138.37	—	56.66	351.05
Brown rice	Ilpumbyeo	127.06	35.51	226.23	15.22	39.56	22.73	—	56.32	522.64
	Goami2	94.52	67.48	110.23	46.06	146.19	39.83	214.01	55.15	773.46
	Baegjinju	198.60	51.54	279.95	15.16	23.92	123.86	—	53.88	746.90
	Sulgaeng	237.99	41.72	322.60	15.20	30.99	21.80	24.42	55.51	750.22

Asp=aspartic acid, Ser=serine, Glu=glutamic acid, Gly=glycine, Ala=alanine, Cys=cystine, GABA=gamma-aminobutyric acid, Hylys=hydroxy lysine.

Table 4. Pasting properties of milled and brown rice by DSC

Rice	Cultivars	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (J/g)
Milled rice	Ilpumbyeo	63.71±0.04 ^c	72.31±0.21 ^c	88.34±0.62 ^d	5.49±0.05 ^b
	Goami2	66.39±0.08 ^{ab}	84.98±0.25 ^a	101.87±0.25 ^a	5.91±0.00 ^b
	Baegjinju	66.93±0.81 ^a	76.56±0.55 ^b	96.52±0.74 ^b	7.99±0.74 ^a
	Sulgaeng	65.35±0.02 ^b	72.70±0.19 ^c	90.55±0.62 ^c	7.23±0.13 ^a
<i>F</i> -value		23.93 ^{***}	619.25 ^{***}	216.07 ^{***}	18.73 ^{***}
Brown rice	Ilpumbyeo	64.03±0.25 ^d	72.64±0.22 ^d	88.49±0.21 ^c	5.33±0.24 ^b
	Goami2	74.93±0.08 ^a	86.06±0.04 ^a	102.27±0.74 ^a	4.97±0.17 ^b
	Baegjinju	65.49±0.53 ^c	74.47±0.22 ^b	92.25±1.77 ^b	6.97±0.21 ^a
	Sulgaeng	66.39±0.06 ^b	73.52±0.10 ^c	88.49±0.21 ^c	5.10±0.13 ^b
<i>F</i> -value		541.37 ^{***}	2952.35 ^{***}	89.86 ^{***}	47.03 ^{***}

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$.

Significant at ^{***} $p < 0.001$ from ANOVA.

To, onset temperature; Tp, peak temperature; Tc, completion temperature, ΔH: enthalpy for gelatinization.

아미노산이 함유되어 있으며, 일품벼에 비하여 유의하게 높은 것으로 나타났다. 한편, 설겅 현미는 백미에 비하여 2배 많은 총 유리아미노산 함량을 보여서, 설겅은 다른 품종에 비하여 맥강층에 많은 양의 아미노산이 포함되어 있는 것으로 사료된다. 따라서 설겅은 배유와 맥강층을 동시에 이용할 수 있는 기능성 소재로서 활용되는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

DSC에 의한 호화 특성

시차 주사 열량계에 의한 일품벼와 신행질미의 호화특성은 품종별 및 백미와 현미 간에 유의적인 차이를 보였다 (Table 4). 호화 상전이에 필요한 에너지량을 나타내는 첫 번째 흡열피크의 호화개시온도는 고아미2호가 72.28°C로 다른 품종보다 7~10°C 높게 측정되었는데, 이는 가열 시 전분의 팽윤이 지연되어 식미 저하의 원인이 될 것으로 추측된다. 호화에 필요한 흡열 엔탈피는 백진주, 설겅, 일품벼, 고아미2호가 각각 7.99, 7.23, 5.49, 4.71(J/g)로 백진주 품종이 가장 높았고, 고아미2호가 가장 낮은 것으로 나타났다. 호화엔탈피는 전분을 구성하는 분자 구조 간 결합력과 결정성을 나타내는 것으로 메벼보다 찰벼가, 즉 아밀로스가 높은 품종이 낮은 품종보다 분자 구조간 결합력과 결정성이 약하다는 것을 나타낸다고 보고되었다(14). 따라서 고아미2호의 낮은 호화엔탈피는 높은 아밀로스 함량과 관련되어 있는 것으로 추측되고, 또한 전분 구조의 결정성은 낮은 것으로 추론된다.

식미특성 및 밥의 텍스처 특성

취반미의 물리적 특성을 텍스처 분석기로 검정하거나, 밥

의 윤기를 평가하는 식미검정계를 통하여 밥의 식감 측정이 예측될 수 있다. 본 시험재료를 이용한 취반미(백미) 식미치를 측정하여 Toyo 값과 취반미의 텍스처를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 식미치는 일품이 82.2로 가장 높았고, 백진주, 설겅, 고아미2호가 각각 67.6, 59.8, 45.2로 측정되어 4개의 품종 간에 유의적인 차이를 보였으며, 일품벼의 취반미 식감이 가장 좋은 것으로 분석되었다. 또한, 밥의 텍스처를 texture profile analysis(TPA)로 분석한 결과, 경도는 고아미2호가 1057 g으로 가장 높게 측정되었으며, 다음으로는 일품이 948.2 g이었고, 백진주와 설겅은 각각 614.8과 641.7 g으로 측정되었다. 반면에 찰기(부착성)는 백진주와 설겅이 높고, 다음으로 일품벼가 높았으며, 고아미2호는 매우 낮은 값을 보였다. 이처럼 고아미2호로 취반한 밥은 찰기가 없이 푸석한 조직감을 보여 다른 품종들과는 현저히 다른 특성을 보였다. 이러한 결과를 통해 고아미2호는 일반 취반용 쌀에는 적합하지 않으므로 가공용도로 활용하는 것이 적합할 것으로 사료된다. 반면에, 백진주와 설겅은 원품종인 일품과 비교했을 때 약간의 특성 차이를 보이지만 취반용 또는 가공용에 모두 적합할 것으로 사료된다.

쌀밥의 식미는 여러 요인들에 의해서 달라지는데, 그중 품종, 산지, 재배조건 등에 의해 영향을 받는 쌀의 성분특성과 건조, 저장, 도정 등에 의해 영향을 받는 가공특성, 쌀밥의 물리적 성상에 영향을 주는 취반조건 및 취반 후 저장조건에 의해서 영향을 받는다(26). 밥맛이 우수한 쌀의 이화학적 분석치는 단백질 함량은 7% 미만, 수분함량은 15.5~16.5% 범위의 것으로 알려져 있고 일반적으로 밥맛과 연관이 가장

Table 5. Toyo value and texture profile analysis (TPA) of cooked rice

Cultivars	Toyo-value	Hardness (g)	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness
Ilpumbyeo	82.20±0.99 ^a	948.2±78.6 ^b	-291.3±97.3 ^b	0.71±0.09 ^a	0.25±0.03 ^b
Goami2	45.20±3.25 ^d	1057.0±139.5 ^a	-78.3±28.5 ^a	0.68±0.09 ^a	0.11±0.01 ^c
Baegjinju	67.60±0.75 ^b	614.8±54.4 ^c	-391.3±113.4 ^c	0.73±0.04 ^a	0.28±0.02 ^a
Sulgaeng	59.80±1.41 ^c	641.7±63.3 ^c	-368.5±112.9 ^{bc}	0.69±0.11 ^a	0.31±0.05 ^a
<i>F</i> -value	163.65 ^{***}	49.98 ^{***}	23.62 ^{***}	0.87	75.95 ^{***}

Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$.

Significant at ^{***} $p < 0.001$ from ANOVA.

높은 쌀의 구성성분으로 단백질과 아밀로오스 함량을 들 수 있다(27). 일반적으로 쌀의 단백질 함량이 높을수록 밥을 지었을 때 밥이 더 딱딱하게 느껴지고 탄력성과 점성이 떨어지는 경향을 보이는 것으로 알려져 있다(28). 또한, Kim 등(29) 밥의 텍스처에서 밥의 경도는 가열방법과 시간에 관계없이 쌀이나 쌀가루의 가용성물질과 가용성 아밀로스와 모두 부의 상관, 부착성은 가용성물질과 정의 상관을 보였다고 하였다.

요 약

일품벼에서 유래된 신행질미의 취반 및 가공 등 용도개발을 위한 목적으로 백미와 현미에 대한 성분 분석 및 물리적 특성을 분석한 결과, 원품종인 일품벼과 신행질미인 고아미2호, 백진주, 설갱의 이화학적 특성은 품종 간에 유의한 차이를 보였다. 고아미2호는 고 아밀로스 품종으로 분류되며, 난소화성 다당류의 함량도 높게 나타난 반면에, 백진주는 저아밀로스 품종으로 반찰벼의 특성을 보였다. 지방산은 백미와 현미에서 linoleic acid와 oleic acid가 전체 지방산의 70~75%를 차지하는 양질의 기름으로서, 백미는 linoleic acid가 현미에는 oleic acid 함량이 높은 경향을 보였다. 한편, 고아미2호는 palmitic acid 함량이 가장 높아서 다른 품종과 다소 다른 지방산 조성을 나타내었다. 백미의 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, cysteine, hydroxy lysine이고, 현미에서는 cysteine을 제외한 aspartic acid, glutamic acid, hydroxy lysine인 것으로 나타났다. 쌀 품종의 호화특성을 DSC로 분석한 결과, 호화에 필요한 흡열엔탈피는 반찰성인 백진주가 가장 높고, 다음은 설갱, 일품, 고아미2호 순으로, 고아미2호가 가장 낮은 흡열엔탈피를 보였다. 취반미의 식미치는 일품벼가 가장 높았으나, 밥의 텍스처를 분석한 결과, 고아미2호의 경도가 가장 높고, 일품, 백진주, 설갱 순으로 경도가 낮아지는 것으로 분석되었다. 신행질미 중에서, 고아미2호 취반미는 푸석한 조직감을 보여 다른 품종과는 현저히 다른 특성을 나타내므로, 고아미2호는 취반용 쌀로서 이용하기 보다는 가공용 기능성 곡류 소재로서 활용 가능성이 높으며, 반면에 백진주와 설갱은 원품종인 일품과 비교했을 때 취반용과 가공용도에 모두 적합할 것이다.

문 헌

- Juliano BO. 1985. Production and utilization of rice. In *Rice Chemistry and Technology*. AACC International, St. Paul, USA. p 1-16.
- Kum JS, Lee CH, Baek KH, Lee SH, Lee HY. 1995. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Korean J Food Sci Technol* 27: 365-369.
- Sandhya RMR, Bhattacharya KR. 1995. Microscopy of rice starch granules during cooking. *Starch* 46: 334-337.
- Juliano BO. 1965. Relation of starch composition, protein content, gelatinized temperature to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technol* 19: 1006.
- Mossman AP, Feller DA, Suzuki H. 1983. Rice stickiness I. Determination of rice stickiness with an Instron tester. *Cereal Chem* 60: 286-292.
- Song J, Kim JH, Kim DS, Lee CK, Youn JT, Kim SL, Suh SJ. 2008. Physicochemical properties of starches in Japonica rices of different amylose content. *Korean J Crop Sci* 53: 285-291.
- Hong YH, Ahn HS, Lee SK, Jun SK. 1988. Relationship of properties of rice and texture of Japonica and J/Indica cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 20: 59-62.
- Huang J, Schols HA, Soest JGG van, Jin J, Sulmann E, Voragen AGJ. 2007. Physicochemical properties and amylopectin chain profiles of cowpea, chickpea and yellow pea starches. *Food Chem* 101: 1338-1345.
- Matveev YI, Socest JGG van, Nieman C, Wasserman LA, Protserov VA, Ezernitskaja M, Yuryev VP. 2001. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylose maize starches. *Carbohydr Polym* 44: 141-160.
- Choi HC. 2002. Perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. *Korean J Crop Sci* 47: 15-32.
- AOAC. 2000. *Official methods of analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Communities, Washington, DC, USA. Method 991.43.
- Jeong EG, Kim KJ, Cheon AR, Lee CK, Kim SL, Brar DS, Son JR. 2006. Characterization of grain quality under lodging time and grade at ripening. *Korean J Crop Sci* 37: 440-444.
- Rafael G, Mancha M. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation from fresh plant tissues. *Anal Biochem* 211: 139-143.
- Kang HJ, Seo HS, Hwang IK. 2004. Comparison of gelatinization and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from Ilpumbyeo. *Korean J Food Sci Technol* 36: 879-884.
- 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.
- Kang HJ, Hwang IK, Kim KS, Choi HC. 2003. Comparative structure and physicochemical and properties of Ilpumbyeo, a high-quality japonica, and its mutant, Suweon 464. *J Agric Food Chem* 51: 6598-6603.
- Kim KS, Kang HJ, Hwang IK, Hwang HG, Kim TY, Choi HC. 2004. Comparative ultrastructure of Ilpumbyeo, a high-quality of japonica rice, and its mutant Suweon 464: scanning and transmission electron microscopy studies. *J Agric Food Chem* 52: 3876-3883.
- Lee SH, Park HJ, Cho SY, Han GJ, Chun HK, Kim TY, Hwang HG, Choi HC. 2004. Supplementary effect of the high dietary fiber rice on lipid metabolism in diabetic KK mice. *Korean J Nutr* 37: 81-87.
- Lee C, Shin JS. 2002. Effects of different fiber content of rice on blood glucose and triglyceride levels in normal subject. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1048-1051.
- Taira H, Nakagahra M, Nagamine T. 1982. Fatty acid composition of Indica, Sinica, Javanica and Japonica groups of nonglutinous brown rice. *J Agric Food Chem* 36: 45-47.
- Yoon MR, Kim CE, Koh HJ, Kang MY. 2007. Physicochemical properties of rice kernels affected on palatability. *J Crop Sci* 52: 45-50.
- Bressani R, Elias LG, Juliano BO. 1971. Evaluation of the protein quality of milled rices differing in protein content. *J Agric Food Chem* 19: 1028-1034.

23. Cho YU, Chang JY, Chang HC. 2007. Production of GABA by *Lactobacillus buchneri* isolated from *Kimchi* and its neuroprotective effect on neuronal cells. *J Microbiol Biotechnol* 17: 104-109.
24. Yamakoshi J, Fukuda S, Satoh T, Tsuji R, Saito M, Obata A, Matsuyama A, Kikuchi M, Kawasaki T. 2007. Antihypertensive and natriuretic effects of less-sodium soy sauce containing γ -aminobutyric acid inspontaneously hypertensive rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 71: 165-173.
25. Choi HD, Park YK, Kim YS, Chung CH, Park YD. 2004. Effect of pretreatment conditions on γ -aminobutyric acid content of brown rice and germinated brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 36: 761-764.
26. Kim K, Kang KJ, Kim SK. 1991. Relationship between hot water solubles rice and texture of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 23: 498-502.
27. Juliano BO, Onate LU, del Mundo AM. 1965. Relation of starch composition, protein content, and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technol* 19: 116-121.
28. Choi HC, Hong HC, Nahm BH. 1997. Physicochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in japonica rice. *Korean J Breeding* 29: 15-27.
29. Kim K, Kang KJ, Kim SK. 1991. Relationship between hot water solubles rice and texture of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 23: 498-502.

(2010년 7월 6일 접수; 2010년 8월 2일 채택)