

아밀로스함량 차이에 따른 벼 배유전분의 이화학적 특성평가

정종민* · 정지웅*[†] · 이상복** · 김명기*** · 김보경** · 손재근****

*국립식량과학원 춘천출장소, **국립식량과학원 답작과, ***국립식량과학원 철원출장소, ****경북대학교 농업생명과학대학

Physicochemical Properties of Rice Endosperm with Different Amylose Contents

Jong-Min Jeong*, Ji-Ung Jeung**[†], Sang-Bok Lee**, Myeong-Ki Kim***, Bo-Kyeong Kim**, and Jae-Keun Sohn****

*Chuncheon Substation, NICS, RDA, Chuncheon 200-940, Korea

**Rice Research Division, NICS, RDA, Suwon 441-100, Korea

***Chulweon Substation, NICS, RDA, Chulweon 269-814, Korea

****College of Agriculture & Life Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

ABSTRACT This study was carried out to find out the physicochemical properties of rice grains of 8 varieties having various amylose content. Amylose contents of 8 varieties were ranged from 6.3 to 30.9% and could be classified into 4 groups, such as waxy, low-amylose, non-glutinous, and high-amylose. Protein contents were ranged from 5.8% to 7.5% varied depending on variety, but there was no significant difference in protein contents among groups. The hardness of milled rice grains in low-amylose and non-glutinous was stronger than waxy and low-amylose group. Whiteness of waxy group grains was the highest while non-glutinous group was the lowest. The alkaline digestive values were evenly distributed from 5.2 to 6.9 and highly correlated with amylose content. There was significant difference in pasting properties of rice flours among groups. High-amylose group showed the highest initial pasting temperature and total setback viscosity, and the lowest peaks for trough and breakdown viscosity. Low-amylose group showed the highest breakdown viscosity but the lowest setback viscosity as well as high peak viscosity. Although amylose content was significantly correlated with alkali spreading value in milled rice, initial pasting temperature, and total setback, but it was negatively correlated with toyo-meter value and setback viscosity.

Keywords : rice, amylose, pasting properties, physicochemical properties, A.D.V

쌀은 우리민족의 주식으로 수천 년간 재배되어 왔고, 국민

1인당 에너지원의 약 30%, 단백질 섭취량의 21% 정도를 밥을 통해 얻고 있을 만큼 영양학적으로 기여하는 바도 크다(Choi, 2002c). 그러나 근래 국민의 생활수준 향상과 생활 패턴의 변화로 국민1인당 쌀 소비량은 70년대 130 kg대에서 70 kg대 까지 감소하였다(KOSTAT, 2013). 우리나라에서의 쌀 연구는 증산, 취반미의 품질, 병해충 저항성 등에 치중되어 왔다. 국내에서 대부분 취반용으로 소비되는 쌀은 약 300여 종에 달하는 가공식품 형태가 존재하지만, 가공용으로 소비되는 규모는 생산량의 5%에도 미치지 못하는 약 22만 톤(수입 10만, 국내생산 12만) 정도이다. 또한 쌀 가공식품의 매출규모는 49조원에 육박하는 음료, 식료품 제조업 등에 대비 약 2% (2006년 현재 약 1조원) 수준에 불과한 실정이다(Lee, 2009). 그러므로 국내의 쌀 소비촉진을 유도하기 위해서는 용도별 가공적성이 다양화 된 벼 품종의 개발이 요구된다(Kum, 2008). 최근 국내에서는 가공성 및 기능성을 목적으로 하는 다양한 배유특성을 가지는 품종들이 개발되었다. NMU가 처리된 일품벼의 후대들로 부터 뽀얀메인 ‘설갱’(Choi *et al.*, 2002a), 반찰인 ‘백진주’(Choi *et al.*, 2002b) 및 난소화성 전분을 지니는 ‘고아미2호’(Choi *et al.*, 2003) 등의 품종들이 개발되어 농가에 보급되었다. 또한 건식제분에 적합한 남일벼 돌연변이 후대계통 ‘Namil(SA)-flo1’이 보고되었다(Jeung & Shin, 2011).

쌀의 품질은 탄수화물, 지방, 단백질 및 미량요소 함량과 같은 화학적 특성이나 쌀알의 크기와 모양, 심복백, 알칼리 붕괴도, 수분흡수 및 호화특성과 같은 물리적 특성에 의해 크게 좌우된다. 특히, 식미와 가공적성의 주요 요소인 아밀로

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6728 (E-mail) jrnj@korea.kr

<Received 22 April, 2013; Revised 26 July, 2013; Accepted 5 August, 2013>

스 함량에 따라 찰(1-2%), 저 아밀로스(7-20%), 멥쌀(20-25%) 및 고 아밀로스(25% 이상) 등으로 구분된다(Matveev *et al.* 2001). 저 아밀로스 쌀은 점도가 찰벼에 가깝고 호화 온도는 찰벼나 메벼에 큰 차이가 없는 등 중간 찰의 특성을 보이는 반면 전분의 점성이 강하고 팽화성이 커 식품가공 원료로서 가능성이 주목된 바 있다(Heu & Park, 1990). 반면 고 아밀로스 품종은 찰기가 적고 식미가 불량하여 밥쌀용으로 부족하나 난소화성 전분함량이 높아 다이어트 식품 가공용으로 적합한 것으로 알려져 있다(Kang *et al.*, 2003). 또한 아밀로스 함량은 전분의 호화 및 노화 등 품질특성에 영향을 미치며(Hong *et al.*, 1989), 가공적성에는 총 아밀로스보다 가용성 아밀로스가 더 큰 영향을 미친다고 보고된 바 있다(Choi, 2001).

최근 규모가 커지고 있는 쌀 가공식품 시장에서 다양한 아밀로스 함량을 가지는 품종은 여러 가지 형태의 쌀 가공식품 개발에 적합하여 그 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 연구에서는 아밀로스 함량이 다른(찰벼, 저 아밀로스 벼, 중간아밀로스, 고 아밀로스 벼)벼 품종들의 배유전분의 이화학적 특성을 비교하여 쌀의 가공적성에 대한 기초자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

쌀의 아밀로스함량 차이에 따른 배유전분의 이화학 특성을 규명하기 위하여 쌀의 아밀로스 함량에 따라 찰벼, 저 아밀로스, 중간 아밀로스, 그리고 고 아밀로스 품종 각 2개씩을 공시하였다(Table 1). 실험에 사용된 원료곡들은 2010년

국립식량과학원 시험포장(수원)에서 생산되었다. 수확 후 벼의 수분함량은 12.5 ~ 14.0%로 조절하였으며 실험용 제현기(SY88-TH)로 현미를 만들고, 정미기(MCM-250, Satake)로 도정하여 10분도 백미를 만들어 실험에 사용하였다. 쌀 가루는 마쇄 후 100 mesh 체에 통과시켰으며 각각의 시료들은 4°C 냉장고에 저장하면서 분석을 수행하였다.

쌀의 외형특성과 물성

배유전분의 외형은 Vernier Calipers를 이용하여 길이, 폭, 두께를 계통(품종)별로 20립씩 3반복 측정 하였고, 현미 무게는 전자저울(CP224S)을 이용하여 100립씩 3반복 조사한 후 그 평균치를 천립중으로 환산하였다. 백도는 백도계(C-300, Kett, Japan), 색차는 색차계(Minolta chromameter CR-200, Japan)로 3반복 측정하였다. 현미경도는 TA.XTplus 조직분석기(Stable Micro Systems Ltd. UK)에 5 mm 직경을 지니는 탐침(probe)을 부착하고 현미에 압력을 가하여(test speed; 0.4 mm/sec, trigger force; 40.0 g) 시료가 파쇄되는 시점의 압력을 20회 3반복 측정하였다.

쌀의 이화학적 특성 및 Toyo-윤기치

아밀로스 함량측정은 95도에서 100도의 고온에서 5-10분간 쌀가루를 호화시킨 액을 요오드로 정색시켜 분광분석계로 아밀로스함량을 정량하는 Juliano(1965) 방법으로 측정하였으며, 단백질 함량은 Micro Kjeldahl 질소정량법으로 질소함량을 구한 후 5.95를 곱하여 단백질 함량을 계산하였다. 알칼리 붕괴도는 백미시료 6립을 15 ml 용량의 사카 플라스크에 넣고 1.4% KOH 용액 10 ml씩 분주한 후 30°C 항온기에서 23시간 정치 후(Cheo *et al.*, 1975) 쌀이 붕괴

Table 1. Amylose and protein contents of milled rice grains and classification by differences of amylose content.¹⁾

Group	Varieties	Amylose (%)		Protein (%)	
		Group	varieties	Group	varieties
A	Hwaseonchal	6.3±0.23 ^a	6.3±0.26 ^a	7.1±0.49 ^a	7.5±0.00 ^c
	Seolhyangchal		6.3±0.25 ^a		6.6±0.00 ^a
B	Baekjinju	9.7±0.50 ^b	9.3±0.16 ^b	7.1±0.13 ^a	7.2±0.00 ^d
	85125		10.1±0.44 ^b		7.0±0.58 ^c
C	Chucheong	20.2±1.74 ^c	19.8±0.55 ^c	7.1±0.24 ^a	6.9±0.00 ^c
	Hwaseong		20.6±1.33 ^c		7.4±0.58 ^e
D	Goami 2	30.5±0.54 ^d	30.0±0.15 ^d	7.1±0.14 ^a	6.9±0.58 ^c
	Goami 3		30.9±0.36 ^d		6.7±0.16 ^b

¹⁾Varieties used in this study could be classified into four groups (A: waxy, B: low amylose, C: non glutinous, D: high amylose) according to their amylose content. Each value is mean±SD (n=3), values with different superscripts are significantly different at *p*<0.05 by Duncan's multiple ranged test.

된 정도에 따라 농촌진흥청 조사 기준(RDA, 2003)에 따라 1-7등급으로 판단하였다.

쌀가루의 호화특성은 신속점도계(RVA-3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여 RVA용 알루미늄 용기에 쌀가루 3 g과 증류수 25 ml을 넣은 후 50°C에서 1분간, 1-4.7분까지 95°C로 상승, 4.7-7.2분은 95°C로 유지하고, 7.2-11분까지 50°C로 냉각, 11-13분에는 50°C로 유지하면서 실험을 수행하였다. 이때 사용한 점도 단위는 RVU(Rapid Visco Analyzer Unit)였으며, 호화개시온도, 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도, 치반점도를 구하였다.

Toyo-윤기치는 Toyo 시험용 정미기(MC-90A, Toyo)를 이용하여 각 시료들을 도정률 91%로 도정하고 반복 당 33 g을 평량하여 측정하였다. 향온수조(MB-90A, Toyo)의 온도가 적정수준에 도달했을 때 부속장치를 향온수조에 넣어 10분간 처리하고 실온에서 5분간 방치한 후, Toyo Mito Meter(MA-90B, TOYO, Japan)를 사용하여 윤기치를 측정하였다.

통계분석

모든 측정과 관찰은 3반복의 평균을 대푯값으로 취하였다. 통계분석은 시료별로 조사한 측정값을 SPSS package (Version 15.0)를 이용하여 평균, Duncan 평균다중검정 및 조사항목 간 상관관계 등을 분석하였다.

결과 및 고찰

아밀로스 및 단백질 함량

쌀 배유전분의 아밀로스 함량차이에 따른 이화학적 특성

을 구명하고자 공시된 찰벼, 저 아밀로스, 중간 아밀로스 및 고 아밀로스 품종들의 아밀로스 및 단백질 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 아밀로스 함량은 6.3%~30.9% 범위였으며 아밀로스 함량차이에 따라 4개 그룹(A, B, C, D)으로 나눌 수 있었다. A 그룹은 찰벼 품종으로 아밀로스 함량이 6.3%로 가장 낮았고, 저 아밀로스 품종인 B그룹과 중간 아밀로스 품종인 C 그룹의 아밀로스 함량은 각각 9.7%와 20.2%였다. 고 아밀로스 품종으로 구성 된 D 그룹은 함량이 30.3%로 가장 높았다. 각 그룹 내 품종 간 아밀로스 함량차이는 통계적 유의성은 없었다.

단백질 함량은 최고 7.5%에서 최저 6.6%로 품종에 따라 차이를 보였다. ‘화선찰벼’가 7.5%로 가장 높았으며 ‘설향찰벼’가 6.6%로 가장 낮았으나, 아밀로스 함량에 따라 분류된 그룹 간에는 그 차이가 유의하지 않았다. 단백질함량이 높으면 영양학적으로 우수한 면도 있으나, 취반·가공 이용 관점에서는 색깔 흡수성 저하, 전분의 노화 및 팽화가 억제되고 취반 후 밥의 끈기나 표면 정도에 영향을 미칠 뿐만 아니라 단백질 함량이 높은 쌀이 낮은 쌀에 비해 더 단단하다고 보고 된 바 있다(Fitzgerald & Reinke, 2006).

배유전분의 외관 및 경도

쌀의 외관상 품위와 식미는 쌀의 형태와 이화학적 특성 등 많은 요인에 의해 결정되기 때문에 단순히 몇 개의 특성만으로 판정하기 어렵다. 특히 시각을 통해 감지되는 외관상 품위는 맛이나 냄새에 비해 식품을 평가하고 선택하는데 더 중요한 변수라고 하였다(Kim *et al.*, 2004). 백미의 형태적 특성을 비교한 바(Table 2), 시료들의 길이는 4.29 ~ 5.04 mm, 폭은 2.50 ~ 2.91 mm, 두께는 1.55 ~ 2.05 mm 범위로

Table 2. Grain size, weight and shape of milled rice.¹⁾

Group	Variety	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length/Width	1000grains weight (g)	Hardness (g/5 mm)
A	Hwaseonchal	5.0±0.10 ^c	2.8±0.06 ^c	1.8±0.06 ^c	1.8±0.06 ^c	27.0±0.03 ^e	5,055±861 ^{ab}
	Seolhyangchal	5.0±0.11 ^e	2.9±0.07 ^d	2.1±0.06 ^f	1.7±0.04 ^b	25.0±0.02 ^h	4,326±998 ^a
B	Baekjinju	4.7±0.09 ^c	2.8±0.10 ^c	1.9±0.10 ^e	1.7±0.07 ^a	19.8±0.09 ^d	7,435±2,065 ^c
	85125	4.4±0.12 ^b	2.7±0.11 ^b	1.9±0.06 ^d	1.6±0.07 ^a	19.4±0.18 ^c	8,387±1,806 ^d
C	Chucheonong	4.8±0.09 ^d	2.8±0.08 ^c	1.8±0.07 ^{cd}	1.7±0.06 ^b	20.9±0.01 ^e	7,069±1,041 ^c
	Hwaseong	4.9±0.09 ^d	2.8±0.05 ^c	1.7±0.04 ^b	1.8±0.05 ^{bc}	22.0±0.02 ^f	5,765±1,591 ^b
D	Goami 2	4.3±0.11 ^a	2.5±0.18 ^a	1.6±0.12 ^a	1.7±0.15 ^b	14.4±0.03 ^a	4,491±1,052 ^{ab}
	Goami 3	4.6±0.10 ^c	2.7±0.06 ^b	1.8±0.07 ^c	1.7±0.06 ^b	14.9±0.02 ^b	4,459±1,189 ^a

¹⁾ Each value is mean±SD (n=20), values with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

Table 3. Color characteristics color difference of milled rice.[♪]

Group	Variety	Whiteness	Color and color difference [♯]		
			L	a	b
A	Hwaseonchal	51.6±0.23 ^g	73.0±0.21 ^g	0.42±0.10 ^b	12.1±0.29 ^a
	Seolhyangchal	55.4±0.06 ^h	74.4±0.20 ^h	0.65±0.09 ^a	11.9±0.33 ^a
B	Baekjinju	41.7±0.10 ^c	67.8±0.15 ^c	1.07±0.58 ^d	14.6±0.00 ^d
	85125	46.7±0.56 ^f	71.2±0.12 ^f	0.02±0.04 ^a	15.2±0.30 ^e
C	Chucheong	34.2±0.06 ^a	60.6±0.22 ^a	0.67±0.07 ^c	14.5±0.07 ^{cd}
	Hwaseong	36.8±0.21 ^b	62.8±0.18 ^b	0.28±0.17 ^b	14.2±0.11 ^{bc}
D	Goami 2	43.1±0.06 ^d	70.0±0.38 ^d	1.28±0.11 ^f	14.2±0.07 ^f
	Goami 3	44.5±0.23 ^e	70.6±0.35 ^e	0.91±0.11 ^d	14.1±1.36 ^b

[♪] Each value is mean±SD (n=3), Values with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

[♯] L: Lightness, a: redness, b: yellowness.

Table 4. Amylogram characteristics of various amylose rice flours by RVA.[♪]

Group	Variety	Amylogram characteristics						
		Initial Pasting temp (°C)	Viscosity (RVU)					
			Peak (P)	Trough (T)	Final (C)	Breakdown (P-T)	Setback (C-P)	Consistency (C-T)
A	Hwaseonchal	68.1 ^a	88.6 ^d	46.0 ^b	59.2 ^a	42.6 ^c	-29.4 ^d	13.2 ^b
	Seolhyangchal	68.1 ^a	78.1 ^c	45.9 ^b	56.7 ^a	32.2 ^b	-21.4 ^e	10.8 ^a
B	Baekjinju	68.1 ^a	209.0 ^g	67.8 ^d	98.1 ^d	141.3 ^g	-111.0 ^a	30.4 ^d
	85125	68.1 ^a	166.0 ^e	52.9 ^c	80.2 ^b	113.1 ^e	-85.7 ^b	27.4 ^c
C	Chucheong	68.1 ^a	202.9 ^f	131.9 ^f	229.3 ^f	71.0 ^d	26.4 ^f	97.4 ^h
	Hwaseong	68.1 ^a	215.0 ^h	119.6 ^e	204.8 ^e	119.9 ^e	-34.6 ^c	85.2 ^g
D	Goami 2	78.7 ^b	44.4 ^b	42.5 ^b	92.7 ^c	2.0 ^a	48.3 ^h	50.2 ^f
	Goami 3	79.0 ^b	38.4 ^a	35.7 ^a	76.1 ^b	2.8 ^a	37.6 ^g	40.4 ^e

[♪] Each value is mean±SD (n=3), Values with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

장폭비 1.6 ~ 1.8의 단립형의 중원립이었다. ‘고아미2호’는 길이, 너비, 두께가 조사된 8개 품종들 중 가장 작았다. 천립중은 ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’가 각각 14.4 g과 14.9 g으로 고아미로스 그룹(D)이 가장 작았고, 찰벼 품종인 ‘화선찰벼’와 ‘설향찰벼’가 각각 27 g과 26 g으로 찰벼그룹(A)이 가장 컸다. 아밀로스 함량차이에 따른 그룹별 천립중은 찰벼 > 중간 아밀로스 > 저 아밀로스 > 고 아밀로스 순서였다.

쌀의 단단한 정도를 나타내는 현미 경도는 수분 흡수율과 밀접한 관계가 있는데 현미경도가 낮은 품종이 수분흡수율이 빠르고(Kim *et al*, 1984) 가열흡수율 및 팽창률이 높다 고 하였다(Kim *et al*, 1972). 현미경도는 저 아밀로스 품종

그룹(B)이 가장 높았으며 대체적으로 고 아밀로스과 찰벼 품종들이 저 아밀로스과 중간 아밀로스 품종들보다 높았다. 고 아밀로스 품종인 ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’의 현미 경도는 찰벼 품종과 비슷한 수준이었으며 중간 아밀로스 품종인 ‘추청벼’와 ‘화성벼’는 아밀로스 함량이 비슷했으나 ‘추청벼’의 경도가 ‘화성벼’ 보다 높았다(Table 2). 현미의 정도와 아밀로스함량은 음의 상관관계를 보였으나 통계적 유의성이 없었다(Table 5). 이러한 결과를 검토해 볼 때 현미경도는 아밀로스함량 이외에도 배유전분의 수분함량, 전분의 구조 및 치밀도 등에 영향을 받는 것으로 사료된다.

Table 5. Alkali digestive values and scores from Toyo Mito Meter of milled rice.[♪]

Group ¹⁾	Varieties	A.D.V		Toyo Mito Meter score	
		Group	varieties	Group	varieties
A	Hwaseonchal	5.2±0.75 ^a	5.27±0.56 ^b	74.2±2.44 ^c	73.0±1.30 ^c
	Seolhyangchal		5.17±0.58 ^a		75.5±2.94 ^c
B	Baekjinju	6.1±0.24 ^b	5.83±0.58 ^c	71.8±2.13 ^b	73.6±0.81 ^c
	85125		6.27±0.58 ^d		70.0±1.08 ^b
C	Chucheong	6.7±0.14 ^c	6.77±0.06 ^f	69.8±1.34 ^b	69.6±1.21 ^b
	Hwaseong		6.60±0.00 ^e		70.1±1.69 ^b
D	Goami 2	6.9±0.54 ^c	6.90±0.00 ^g	46.95±0.94 ^a	47.5±0.96 ^a
	Goami 3		6.80±0.00 ^f		46.4±0.49 ^a

[♪] Each value is mean±SD (n=3), Values with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple ranged test.

Table 6. Correlation coefficients between amylose content of milled rice and their Physicochemical properties evaluated.

Traits [♪]	Traits			Amylogram characteristics [♪]					
	Protein	A.D.V	Toyo	Pasting temp	Peak	Trough	Break down	Final	Set back
Amylose	-0.24	0.88 ^{**}	-0.89 ^{**}	0.84 ^{**}	-0.29	0.06	-0.47 [*]	-0.30	0.75 ^{**}
Protein		-0.14	0.34	-0.39	0.46 [*]	-0.29	-0.48 [*]	-0.22	0.39
A.D.V			-0.69 ^{**}	0.57 ^{**}	-0.91	0.34	0.99	0.55 ^{**}	0.51 ^{**}
Toyo				-0.98 ^{**}	0.61	0.37	0.66 ^{**}	0.14	-0.70 ^{**}

[♪] Amylose content, Protein content, Alkali digestion value (A.D.V) and Toyo Moto Meter (Toyo).

[♪] *, ** : correlation is significant at 5%, 1% level, respectively.

백도는 쌀의 흰 정도를 나타내는데 일본 곡물검정협회에서 쌀의 등급을 분류하는 지표로 활용하고 있으며(Kim *et al.*, 2005), Kim(2002)은 밥맛에 가장 영향을 주는 인자 중에 가장 중요한 것이 백도라고 하였는데, 일반적으로 백도 38이상을 요구한다고 하였다. 품종 간 차이를 보면 ‘설향찰벼’와 ‘화선찰벼’의 백도는 각각 55.4와 51.3으로 불투명 배유의 영향으로 백도와 명도가 가장 높았다. 저 아밀로스과 고아밀로스 품종들은 품종에 따라 차이는 있으나 비슷한 수준이었으며 대체적으로 찰벼군 > 저 아밀로스 품종군 > 고 아밀로스 품종군 > 중간 아밀로스 품종군 순으로 백도가 높았다. 또한 ‘고아미2호’, ‘고아미3호’와 ‘백진주’는 적색도가 다른 품종들에 비해 높은 편이었다(Table 2).

알카리 붕괴도 및 Toyo-윤기치

쌀의 알카리 붕괴도는 쌀의 호화특성을 가름하는 미질특성으로 호화온도와 높은 음의 상관관계를 나타내는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 1992). 공시된 품종들의 알카리 붕괴도

는 5.2 ~ 6.9의 분포를 보였으며, 찰벼 품종그룹(A)의 알카리 붕괴도가 5.2로 가장 낮았고 고 아밀로스 품종군(D)이 6.9로 가장 높았으며 아밀로스 함량과 알카리 붕괴도는 매우 높은 양의상관(r=0.884^{**})을 보였다(Table 6). 아밀로스 함량이 비슷한 같은 그룹에 속하는 품종들 간에도 알카리 붕괴도 차이가 확인되었는데, 특히 저 아밀로스 품종군(B)에 속하는 ‘백진주’와 ‘85125’는 그 차이가 매우 유의하였다(Fig. 1).

일반적으로 알카리 붕괴도가 낮을수록 식미가 양호하며(Choi, 2001), 아밀로스 함량이 낮으면 알카리 붕괴도가 낮아진다고 보고되었다(Kim *et al.*, 1985, Juliano 1985). 또한 Kim *et al.*(1992)은 쌀알의 알카리 붕괴도에 의하여 품종의 호화온도와 호화시간의 추정이 가능하며, 비슷한 알카리 붕괴반응을 보인 품종 간 호화온도와 호화시간의 차이가 있다고 하였다. Hiroyuki 와 Yasuhito(2000)는 아밀로펙틴 분자에 의해 전분의 붕괴가 억제된다고 하였는데, 아밀로스 함량 비슷한 품종 간 알카리 붕괴도 차이는 배아를 구성하는

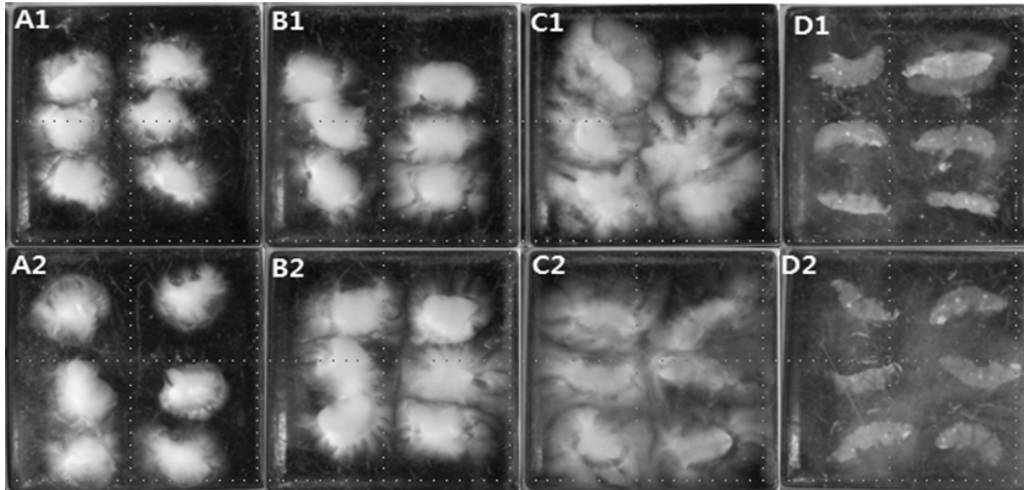


Fig. 1. Comparison of A.D.V spreading values in 4 groups of milled rice grains classified to differences of amylose content. Group A (A1: Hwaseonchal, A2: Seolhyangchal), Group B (B1: Baekjinju, B2: 85125), Group C (C1: Chucheong, C2: Hwaseongbyeon), Group D (D1: Goami 2 D2: Goami3).

전분립의 크기와 치밀도 그리고 품종 차이에 따른 아밀로펙틴의 함량차이와 미세구조에서 기인한 것으로 생각된다. Toyo Mito Meter를 이용하여 윤기치를 측정된 결과를 보면 (Table 5), 고 아밀로스 품종군(D)이 47.0으로 가장 낮고 찰벼 품종군(A)이 74.2로 가장 높았으며, 저 아밀로스와 중간 아밀로스 품종군은 각각 71.8과 69.8로 찰벼 품종군과 비슷하였다.

아밀로그램 특성

아밀로그램 특성이란 쌀가루 또는 쌀 전분의 열에 대한 반응, 즉 가열에 의한 호화양상과 호화된 후의 점도특성을 나타내는 것으로 취반특성 및 식미와 상관성이 높아 쌀의 가공특성을 간접적으로 측정할 수 있는 주요 지표로 활용되고 있다. 일반적으로 최고점도(Peak)와 강하점도(Break down)가 높을수록 치반점도(Setback)와 응집점도(Consistency)는 낮을수록 식미가 양호하며, 최고점도와 강하점도, 치반점도가 관능식미와 높은 상관을 보인다고 보고되었다(Endo *et al.* 1973, Chikubu *et al.* 1985). 또한 우리나라에서 식미가 양호한 품종들은 호화온도가 낮고 최고점도(Peak)와 최종점도(Final)가 높은 것으로 보고되고 있다(Kwon *et al.* 1990).

품종별 아밀로그램 특성에서 호화개시온도(Initial Pasting temp)는 ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’가 각각 78.7°C와 79.0°C로 다른 품종들에 비해 높았으며, 나머지 품종군의 호화개시온도는 68.1°C로 큰 차이가 없었다(Table 4). 이러한 결과는 Choi와 Shin(2009)이 국내산 고 아밀로스 쌀가루의 특징에서 발표한 결과 및 Kang *et al.*(2004)에 의해 보고된

‘일품벼’ 유래 배유 돌연변이품종 쌀의 호화와 노화 특성을 비교한 결과에서 고아미2호의 호화개시 온도가 가장 높았던 결과와 일치하였다. 한편 Lim *et al.*(1995)의 보고에 의하면 호화개시온도는 아밀로스 함량이 많을수록 높아진다고 하였는데, 고아밀로스 품종을 제외한 나머지 품종들에서 아밀로스 함량 차이에 따른 호화개시온도 차이는 없었다. 일반쌀가루의 호화개시 온도가 65°C~70°C인 것에 비해 ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’의 호화온도가 높은 것은 아밀로스 함량이 높고, 전분입자들의 아밀로스 함량이 낮은 품종보다 밀집된 상태의 입자로 되어있어 호화 시 팽창에 대한 저항성이 높아 팽윤력이 낮은 것(Hong *et al.* 1989)과 관련이 있을 것으로 판단되었다. Huang *et al.*(2007)은 호화개시 온도가 높을수록 보다 치밀한 결정구조를 가진다고 하였고, Matveev *et al.*(2001)은 결정 내 보다 긴 체인이나 큰 결정 구조 간 상호작용에 의해서라고 하였다. 따라서 고아밀로스 품종들은 아밀로스의 용출이나 구조력을 형성하기 위해 고온이 필요하므로(Song *et al.*, 2008) 다른 공시재료에 비해 호화 시 보다 많은 에너지를 필요로 할 것으로 사료된다.

아밀로스 함량차이에 따른 각 그룹의 호화특성을 살펴보면(Fig. 2) 중간 아밀로스그룹(C)은 다른 그룹에 비해 최고, 최저, 그리고 최종점도가 가장 높고 강하점도 역시 높은 편이나, 치반점도는 낮은 경향이였다. 저 아밀로스품종그룹(B)은 최고점도는 중간아밀로스 그룹(C)과 마찬가지로 높았으나 상대적으로 최저점도는 낮아서 강하점도가 가장 높았다. 최종점도도 중간 아미로스 품종보다 낮아 우리나라에서 식미가 양호한 품종들의 특성인 호화온도가 낮고 최고점

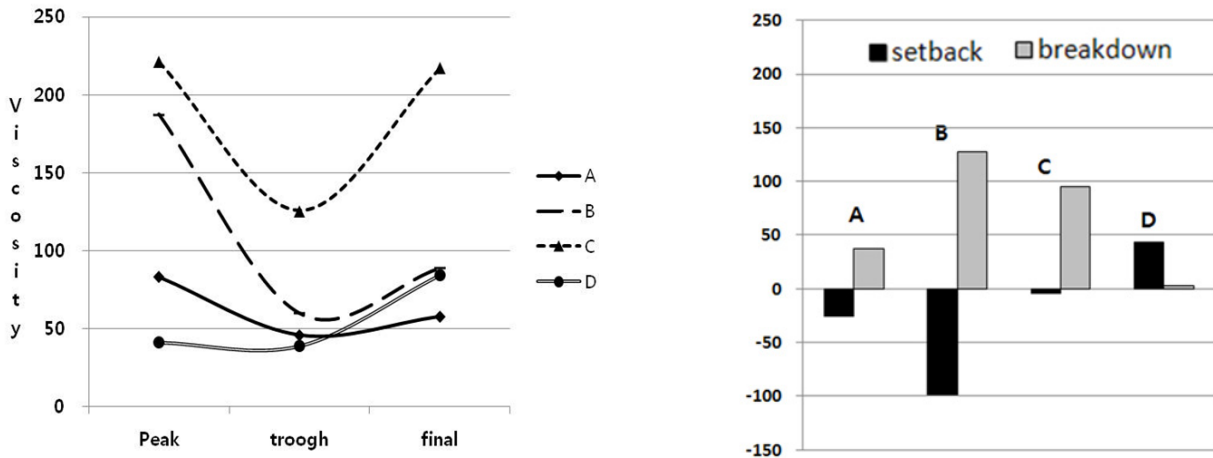


Fig. 2. Comparison of Amylogram characteristics in 4 groups of milled rice flours classified to differences of amylose content (Left: peak, trough, final; Right: breakdown, setback) waxy rice group (A), low-amylose group (B), non glutinous group (C) high-amylose group (D).

도와 강하점도는 높으며, 최종점도 및 치반점도는 낮은 것을 고려할 때(Lee *et al*, 2000), 저 아밀로스 품종군에 속한 품종은 식미가 양호할 것으로 생각되었다. 찰벼 품종그룹(A)에 속한 품종들은 최고점도는 상대적으로 높은 반면, 최저점도가 낮고, 최종점도가 매우 낮아 결과적으로 낮은 치반점도 수치를 나타냈다. 고 아밀로스 품종군은 호화개시온도가 다른 품종그룹에 비해 높고 최고점도와 최저점도는 매우 낮으며 최종점도가 상대적으로 높아 강하점도는 낮은 반면 치반점도는 높은 특성을 보였다. 치반점도는 전분의 노화경향 또는 냉각과정에서 겔화로 인해 구조가 형성되는 정도를 반영하는데 일반적으로 수치가 높을수록 노화가 급격히 진행된다(Yong, 2012). 강하점도는 아밀로스 함량과 음의 상관을 보이며 호화 중 열, 전단에 대한 저항성과는 양의 상관을 보이는데 저아밀로스 품종군(B) > 중간아밀로스 품종군(B) > 찰벼 품종군(A) > 고아밀로스 품종군(D) 순이었으나 중간아밀로스 품종군과 저아밀로스 품종군에서는 품종에 따라 차이가 있었다(Table 4).

배유전분관련 특성들 간 상관관계

식미는 쌀의 아밀로스함량, 단백질함량 및 물리적 특성 등 여러 가지 이화학적 특성에 따른 복합적인 표현이기 때문에 이를 단순히 표현하기는 어렵다. 시료로 사용된 벼 품종과 재배환경 등의 상이성으로 인해 그동안 여러 연구자들에 의해 제시된 식미평가를 위한 주요 지표들의 일관성이 낮은 편이나, 대체로 쌀의 식미와 밀접한 관련성을 가진 이화학적특징으로 쌀의 아밀로스함량, 단백질함량, 알카리 붕괴도 및 호화개시온도, 강하점도를 비롯한 아밀로그래프 특성

등이 언급된다(Kwak, 2011).

본 실험에서는 다양한 아밀로스 함량을 가지는 8품종으로 식미관련 특성을 분석을 실시하였고 여러 가지 식미관련 요소들 간의 상관관계는 Table 6과 같다. 아밀로스 함량은 알카리 붕괴도와 상당히 높은 양의 상관($r=0.88^{**}$)을, Toyoyun기치와는 음의 상관($r=-0.89^{**}$)을 보였다. 아밀로그래프 특성 중 호화개시온도($r=0.84^{**}$), 치반점도($r=0.75^{*}$) 등이 아밀로스 함량과 높은 양의 상관을 나타냈고, 강하점도와는 음의 상관을($r=-0.47^{**}$) 나타냈다. 쌀의 단백질함량은 최고점도와의 양의 상관을, 강하점도와의 음의 상관을 나타냈다. 알카리 붕괴도는 Toyoyun기치와 매우 유의한 음의 상관($r=-0.69^{**}$)을 보였으며, 아밀로그래프 특성 중 최저점도, 최종점도, 치반점도 등과 양의 상관을 나타냈다.

적 요

아밀로스 함량차이에 따른 배유전분의 이화학적 특성을 파악하기 위해 아밀로스 함량의 차이를 보이는 찰벼, 저 아밀로스, 중간 아밀로스, 고 아밀로스 품종의 외관특성, 화학특성, 호화특성 및 기계적 식미치를 조사하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시료들의 아밀로스 함량은 6.3%~30.9% 범위로 아밀로스 함량차이에 따라 4개 그룹 찰벼(A), 저 아밀로스(B), 중간 아밀로스(C), 고 아밀로스(D) 품종군으로 나눌 수 있었으며 각 그룹에 속한 품종들의 단백질함량은 5.8 ~ 7.5%로 품종간 차이가 있었으나 아밀로스 함

- 량에 따라 분류된 그룹간 차이는 없었다.
2. 시험재료의 외형적 특성을 보면, 백도는 찰벼 품종군이 가장 높고 저아밀 중간아밀로스 품종군이 가장 낮았다. 현미경도는 고 아밀로스 품종 및 찰벼 품종이 메벼품종과 저 아밀로스 품종보다 대체적으로 낮았다. 알카리 붕괴도는 5.2~6.9의 분포를 보였으며 아밀로스 함량이 증가할수록 붕괴도가 커졌으며, 아밀로스 함량과 알카리 붕괴도 간 매우 높은 양의 상관($r=0.884^{**}$)을 보였다.
 3. 아밀로그래프 특성을 살펴보면 저 아밀로스 품종군은 호화개시온도가 중간 아밀로스 품종과 비슷한 반면 최고점도와 강화점도는 높고 최종점도와 치반점도는 낮았다. 고 아밀로스 품종군은 호화개시온도가 다른 품종군에 비해 높고, 최고점도와 최저점도가 매우 낮았으며 최종점도가 상대적으로 높아서 강화점도는 낮고 치반점도는 높은 특성을 보였다.
 4. 식미관련 이화학적 특성들 간 상관을 살펴보면 아밀로스 함량은 알카리 붕괴도와 상당히 높은 양의 상관($r=0.88^{**}$)을 Toyo-윤기치와는 높은 음의 상관($r=-0.89^{**}$) 나타냈고, 아밀로그래프 특성 중에서는 호화개시온도, 치반점도와 유의한 양의 상관을 보이며, 강화점도와는 음의 상관을 나타냈다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 작물시험연구사업의 지원으로 수행된 결과이며 이에 감사드립니다.

인용문헌

Cheo, Z. R. and M. H. Heu. 1975. Optimum conditions for alkali digestivity test in rice. Korea J. Crop Sci. 19 : 7.

Chikubu, S., S. Watanabe, T. Sugimoto, N. Mamabe, F. Sakai, and Y. Taniguchi. 1985. Establishment of palatability estimation formula of rice by multiple regression analysis. J. Jpn. So. Starch Sci. 32 : 51-60.

Choi, H. C. 2001. Physicochemical characteristics and varietal improvement related to palatability of cooked rice or suitability to food processing in rice. Symposium of the East Asian Society of Dietary Life. p. 58-80.

Choi, H. C., H. G. Hwang, H. C. Hong, Y. G. Kim, and H. Y. Kim, *et al.* 2002a. A japonica specialty rice for fermentation food processing, opaque rice cultivar "Seolgaeng". Treat. of Crop Res. 3 : 45-51.

Choi, H. C., H. G. Hwang, H. C. Hong, Y. G. Kim, and H.

Y. Kim, *et al.* 2002b. A lodging tolerance and dull rice cultivar "Baegjinju". Treat. of Crop Res. 3 : 59-65.

Choi, H. C. 2002c. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added product. Korean J. Crop Sci. 47 : 15-32.

Choi, H. C., H. G. Hwang, H. C. Hong, Y. G. Kim, H. P. Moon, *et al.* 2003. A med-late maturing, lodging tolerance and high amylose speciality rice cultivar "Goamybyeo 2". Treat. of Crop Res. 4 : 149-157.

Choi, S. Y. and M. S. Shin. 2009. Properties of flours prepared from domestic high amylose rice. Korean J. Food sci. Technol. 41 : 16-20.

Endo, I., S. Chikubu, M. Suzuki, K. Kobayashi, and M. Naka. 1973. Palatability evaluation of cooked milled rice by physicochemical measurement. Rept. Nat. Food Res. Inst. 31 : 1-11.

Fitzgerald, M. A. and R. F. Reinke. 2006. Rice Grain Quality III. A Report for the rural industries research and development corporation. RIRDC Publication No. 06/056 RIRDC.

Heu, M. H. and S. Z. Park. 1990. Breeding strategies for quality diversification in rice. Proc. Symp. Rice quality. RDA, Korea. pp. 41-58.

Hiroyoki, M. and Y. Takeda. 2000. Chewing properties of cooked rice from new characteristics rice cultivars and their relation to starch molecular structures. J. Appl. Glycosci. 47 : 61-65.

Hong, Y. H., H. S. Ahn, S. K. Lee, and S. K. Jun. 1989. Relationship of properties of rice and texture of japonica and j/indica cooked rice. Korean J. Food and Sci. Technol. 20: 59-62.

Huang, J. R., H. A. Schols, J. G. Jeroen, J. Zhengyu, E. Sulmann, and G. J. V. Alphons. 2007. Physicochemical properties and amylopectin chain profiles of cowpea, chickpea and yellow pea starches. Food Chemistry. 101 : 1338-1345.

Jeung, J. U. and Y. S. Shin. 2011. Evaluations on the Namil (SA)-flo1, a floury japonica rice line, for dry milling process to produce rice flour. Korean J. Crop Sci. 56 : 57-63.

Juliano, B. O., L. U. Onate, and D. Mundo. 1965. Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. Food Technol. 19 : 1006-1011.

Juliano, B. O. 1985. Criteria and test for rice grain qualities. Rice chemistry and technology. American Association of Cereal Chemist. St paul, MN, USA, p. 443-524.

Kang, H. J., I. K. Hwang, K. S. Kim, and H. C. Choi. 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.

Kang, H. J., H. S. Seo, and I. K. Hwang. 2004. Comparison of gelatinization and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from Ilpumbyeo. Korean J. Food sci. Technol. 36 : 879-884.

- Kim, D. C. 2002. Post harvest technology for high quality rice. Food Preservation and Processing Industry. 1 : 35-43.
- Kim, J. U., K. H. Lee, and D. Y. Kim. 1972. Studies on the quality of Korean rice. Korean J. Agric. Chem. Soc. 15 : 65-75.
- Kim, K. H. and S. M. OH. 1992. Varietal variation of alkali digestion value and its relationship with gelatinization temperature and water absorption rate of milled rice grain. Korean J. Crop Sci. 37 : 28-36.
- Kim, K. O., S. S. Kim, N. K. Seong, and Y. C. Lee. 2004. Evaluation and management methode of sensory test. Shinkwangpub pp. 210-218.
- Kim, M. H., D. G. Park, D. H. Kim, and S. S. Kim. 2005. Agricultural Outlook 2005(II); Prospects and challenges related with the rice market opening in Korea. Korea Rural Economic Institute pp. 91-97.
- Kim, S. K., S. J. Jeong, K. Kim, J. C. Chae, and J. H. Lee. 1984. Tentative classification of milled rice by sorption kinetics. J. Korean Chem. Soc. 27 : 204-210.
- Kim, S. K., J. C. Chae, M. S. Lim, and J. H. Lee. 1985. Interrelationship between amylose content and physical properties of milled rice. Korean J. Crop Sci. 30 : 320-325.
- KOSTAT. 2013. Survey results on the grain consumption of Korea in 2012. Statistics Korea.
- Kum, J. S. 2008. Blooming of rice processing industry. Food Industry and Nutrition. 13 : 9-14
- Kwak, T. S. 2011. Characteristics variation of amylogram properties by the year variation of the rapidity of grain filling in the recombinant inbred lines of rice. Korean J. Intl. Agri. 23(3) : 302-305.
- Kwon, Y. W., E. W. Lee, and B. W. Lee. 1990. Climate, soil and cultural technology of the areas producing high quality rice in Korea-with emphasis on the difference between Ichon and other regions. RDA. J. Crop Sci. 33 : 291-303.
- Lee, J. H., Y. S. Jo, M. T. Song, S. J. Yang, H. G. Hwang, N. S. Kim, H. C. Choi, and H. P. Moon. 2000. Analysis of quantitative trait loci (QTLs) related to rice gelatinization. Korean J. Crop Sci. 32 : 211-217.
- Lee, J. Y. 2009. Policy suggestion on rice processing industry. 26th Edition, Korean Technical Working Group pp. 1-21.
- Lim, S. J., D. U. Kim, J. K. Sohn, and S. K. Lee. 1995. Varietal variation of amylogram properties and its relationships with other eating quality characteristics in rice. Korea J. Breeding 27 : 268-275.
- Matveev, Y. I, van Soest J. J. G., C. Nieman, L. A. Wasserman, V. A. Protserov, M. Ezernitskaja, and V. P. Yuryev. 2001. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylose maize starches. Carbohydrate Polymers. 44 : 141-160.
- RDA. 2003. Analysis criteria on agricultural researches. Rural Development Administration pp. 288-290.
- Song, J., H. J. Kim, D. S. Kim, C. K. Lee, J. T. Youn, S. L. Kim, and S. J. Suh. 2008. Physicochemical properties of starches in japonica rices of different amylose content. Korean J. Crop Sci. 53 : 285-291.
- Yong, S. C., K. H. Lee, H. J. Ha, Y. H. Choi, E. M. Kim, and S. Y. Park. 2012. Effect of steaming and dehydration condition on physicochemical characteristics of Korean traditional parboiled rice (*Olbyeossa*). J. Appl. Biol. Chem. 55 : 185-189.