

벼에서 T-DNA가 삽입된 저아밀로스 배유의 미립특성

박세욱 · 이현숙 · 손재근*

경북대학교 농업생명과학대학

Grain properties of low amylose endosperm induced by T-DNA insertion in Rice(*Oryza sativa* L.)

Se-ug Park · Hyun-Suk Lee · Jae-Keun Sohn*

College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study was conducted to determine the agronomic characteristics of low amylose lines which were derived from induced mutants by T-DNA insertion. The agronomic and physicochemical properties of the low amylose mutants were analyzed and compared with a donor cultivar 'Dongjin' and a low amylose cultivar 'Baekjinju'. The heading date of the low amylose mutants was similar to the donor cultivar 'Dongjin' and yield index of the mutants was 78~92% compared with 'Dongjin'. The amylose content of four mutants in brown rice was ranged from 16.1 to 16.7%. Among low amylose mutants, 'P50-4-4-5' was lower 3.6%(13.3%) than those of 'Dongjin'(16.9%) in amylose content of milled rice. The grain length of 'P50-4-4-5' was similar to the donor cultivar, however, thousand grain weight(18.9g) was lighter than those of 'Dongjin'. The score of alkali digestion in brown rice of 'P50-4-4-5'(5.5) was lower than that of 'Dongjin'(6.8) and similar to 'Baekjinju'(5.8). The gel consistency of 'P50-4-4-5'(84mm) in milled rice exhibited that was longer than 'Dongjin'(76mm) and 'Baekjinju'(81mm). The result of eating quality showed that 'P50-4-4-5'(78.8) was higher than those of 'Dongjin'(60.3) and 'Baekjinju'(67.2). Thus our data suggest that 'P50-4-4-5' will facilitate the development of a new cultivar with low amylose rice.

Key words : Rice, T-DNA, low amylose, gel consistency

서 론

쌀의 품질이 우수한 양식미 품종들은 밥에 윤기가

있고, 밥알이 매끈하며 열은 구수한 냄새가 있고, 어느 정도의 찰기가 있으면서, 씹는 조직감이 부드럽고 탄력이 있으며, 식어도 쉽게 굳지 않는 특성을 보인다(김 등, 2006). 1970년대 후반에 다수성품종의 확대보급으로 쌀 자급이 달성된 이후 생산량 중심의 품종개발이 품질 중심으로 전환되면서 지난 30여년 동안 쌀의

*Corresponding author. E-mail : jhsohn@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-5711, Fax : 82-53-958-6880
(Received November 30, 2011; Examined December 10, 2011;
Accepted December 20, 2011)

품질도 크게 개선되고 있지만 국민 식생활의 변화로 '90년대 후반부터 쌀 소비량은 큰 폭으로 줄어들고 있다. 그 동안 농정 당국에서는 남아도는 쌀을 소비시키기 위한 여러 가지 정책을 펼쳐왔지만 아직도 전체 소비량의 약 90%의 쌀이 밥쌀로 소비되고 있는 실정이다. 예로부터 쌀로 만든 전통음식에는 약·탁주, 식혜, 유과, 강정, 엿, 다식과 각종 떡 등이 있다. 그러나 이러한 우리의 전통 쌀 음식은 주로 밥쌀용인 멥쌀이나 찰쌀을 원료로 만들어졌기 때문에 종류나 품질 면에서 다양하지 못하다. 더구나 경제수준이 향상되면서 식생활이 다양화 및 서구화 되어 국민 1인당 쌀 소비량이 2000년 이후 매년 2%내외로 감소하여 2010년에는 72.8kg으로 '01년에 비해 무려 16kg이나 줄어들었다. 쌀 소비량 감소는 재고미 누적으로 이어져 쌀값 하락의 원인이 되고, 정부에서도 재고미 관리에 막대한 예산을 지출하고 있어서 쌀의 소비확대를 통한 수급의 안정화문제가 어느 때보다 중요한 농정 과제로 대두되고 있다.

쌀의 품질은 탄수화물, 지방, 단백질 및 미량요소 함량과 같은 화학적 특성이나 쌀알의 크기와 모양, 심복백, 알칼리 붕괴도, 수분흡수 및 호화양상과 같은 물리적 특성에 의해 좌우 되며(Juliano. 2003), 특히 아밀로스 함량 및 전분립의 형태와 결정구조가 밥맛에 영향을 크게 미치는 것으로 알려져 있다(Juliano. 1985, Son et al. 2002). 쌀은 전분 함량에 따라 멥쌀과 찰쌀로 구분할 수 있으며, 메벼(粳稻; non-glutinous rice)의 쌀인 멥쌀은 저장전분이 아밀로스(13~32%)와 아밀로펙틴(63~92%)으로 구성되어 있다(Song et al. 2008). 찰벼(糯稻; glutinous rice)의 쌀인 찰쌀은 대부분 아밀로펙틴으로 구성되어 있어서 찰기가 강하며 쌀알 내부까지 호화가 잘된다(Kim et al. 2007). 이뿐만 아니라 구조상 소화효소인 α -amylase의 작용이 용이하기 때문에 멥쌀보다 소화가 잘된다. 찰쌀은 전분구조 내에 미세공극이 있어 빛이 난반사 하므로 유백색이고 불투명하게 보인다. 우리나라 사람들이 선호하는 아밀로스 함량은 16~20% 정도로 알려져 있다(Son et al. 2002). 아밀로스 함량은 등숙기의 온도에 따라 서로 달라지는 데 고온 조건에서는 낮아지는 반면 저온 조건에서는 그 함량이 높아진다. 특히 등숙 기간 중

기온에 따른 아밀로스 함량의 변동은 저아밀로스 쌀에서 보통 멥쌀에 비해 더욱 큰 경향이다(Kwak. 1999). 아밀로스 함량이 5~15%인 저아밀로스 쌀은 찰쌀과 멥쌀의 중간 정도의 찰기를 가지는 데, 우리나라 재래종에서는 아밀로스 계통이 발견되지 않고 있지만 중국 원난성 남·서부지역에서는 옛부터 '루안미(軟米)'라고 부르는 중간찰벼를 재배하였으며 그 곳 사람들에게 밥맛이 좋은 쌀로 알려져 있다(www.rda.go.kr).

현재 국내에서 육성된 저아밀로스 품종으로는 현미 밥용으로 '백진주'(2001년), '백진주 1호'(2005년)가 있으며 김밥 전용인 '만미벼'(2002년), 현미밥용과 발효주용인 뽕안 멥쌀인 '설갱'(2002년)이 등록되어 있다. 일본에서도 저아밀로스 쌀에 대한 유전분석(Okuno & Yano 1983)과 함께 품종개량을 추진하여 1995년에 아밀로스 함량이 10% 내외인 'Milky Queen'을 육성하여 농가에 보급하고 있다(Kazuo et al. 2001). 이러한 중간찰성은 찰쌀에 대해서는 우성형, 멥쌀에 대해서는 열성으로 나타나는 것으로 알려져 있다(Satoh et al. 1981, Kim et al. 1992).

중간찰은 겨층이 얇고 수분흡수가 빠르면서 호화가 잘되며 아밀로스함량이 낮기 때문에 현미로 밥을 지을 경우 압력밥솥을 사용하지 않더라도 밥이 잘 지어지는 특징이 있다. 밥이 식어도 쉽게 굳어지지 않고 찰기와 탄력성을 오래 유지하기(Khush et al. 1979) 때문에 현미를 이용한 여러 가지 가공밥 개발에도 이용될 수 있다. 당뇨병이나 고혈압 등 건강을 위하여 현미식을 하고 있는 사람들에게는 현미의 밥맛을 크게 향상시킬 수 있고, 백미로 밥을 지을 때에도 매우 차지고 부드러운 밥맛을 보이기 때문에 햅쌀이 나오기 1~2개월 전 묵은 쌀의 밥맛이 떨어졌을 때 저아밀로스 쌀을 출하한다면 소비자들에게 큰 호응을 받을 수도 있을 것이다(www.rda.go.kr). 저아밀로스 쌀로 떡이나 유과, 튀김과자 등을 만들면 찰쌀이나 멥쌀로 만든 것과는 다른 맛의 제품을 만들 수 있을 것으로 보이며, 막걸리나 청주도 기존의 찰쌀이나 멥쌀로 만든 것과는 차별화가 가능할 것으로 본다(Park et al. 2010).

따라서 본 연구에서는 T-DNA가 삽입되어 유도된

돌연변이 집단에서 아밀로스 함량이 낮은 계통을 선발하여 이들에 대한 미립특성을 조사 분석하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

본 연구에서는 ‘동진’에 T-DNA를 삽입하여 유기된 돌연변이체를 2005년에 포항공과대학교로부터 분양 받아 저아밀로스 계통으로 선발된 ‘P50-4-4-5’의 3계통, 모품종인 ‘동진’, ‘백진주’를 공시품종으로 이용하였다. 포장실험은 2008~2010년까지 경북대학교 농업생명과학대학 군위실험실습장의 포장에서 전개하였으며, 2010년 5월 3일 파종하고 6월 3일에 재식거리 30 x 15cm로 주당 1본씩 이앙하였다. 시비량은 N-P2O5-K2O=9.0-4.5-5.7kg/10a로 하였고 그 외는 경북농업기술원 벼 표준재배법에 준하였다. 출수 후 50일에 계통별로 수확하고 자연 건조시켜 정조의 수분함량이 12~15%일 때 탈곡하여 본 시험에 분석재료로 이용하였다.

2. 미립의 성분 분석 및 외관 특성

가. 미립의 화학적 성분 분석

공시품종 및 계통에 대한 현미와 백미의 아밀로스, 단백질 및 지질 함량은 포항공과대학 식물기능유전체 연구실에 의뢰하여 근적외선광분석(NIRS, Foss 6500)으로 3반복 분석하여 평균치를 구하였다.

나. 미립의 외관 특성

공시품종 및 계통에 대한 현미와 백미의 길이, 폭, 두께를 Vernier Caliper(MITUTOYO, CD-15CP)를 이용하여 계통별로 50립씩 5반복 조사하였다. 현미와 백미의 무게는 전자저울(ARD 120)을 이용하여 100립씩 3반복 조사한 후 그 평균치를 천립중으로 환산하였다.

3. 미립의 호화 특성 및 식미

가. 알칼리 붕괴도

공시품종 및 계통에 대한 현미와 백미의 알칼리 붕괴도는 다음과 같이 조사하였다. 1.7%의 KOH 용액을 만들기 위해 증류수 1L를 삼각 플라스크에 담고 85% KOH 2g을 정량하여 용해하였다. 직경 85mm, 높이 15mm의 Petri-dish에 각 계통의 백미와 현미를 각각 4립씩 올려놓고 1.7% KOH 용액을 15mL씩 분주하였다. 그 후 30℃ 항온기에 23시간 정치 후 현미와 백미의 붕괴 정도를 국제미작연구소(IRRI)의 조사기준에 따라 1~7등급(표 1)으로 평가하였다(Choe and Heu, 1975).

Table 1. Criteria for alkali digestion score of rice

Score	Alkali digestion	Gelatinization temperature
1	Grain not affected	High 74.5 - 80.0℃
2	Grain swollen	
3	Grain swollen, collar incomplete or narrow	
4	Grain swollen, collar complete and wide	Intermediate 70.0 - 74.0℃
5	Grain split or segmented, collar complete and wide	
6	Grain dispersed, merging with collar	Low 55.0 - 69.5℃
7	Grain completely dispersed and disintegrated	

나. 호응집성

호응집성은 건조된 벼를 제현기(쌍용기계산업사, SYTH-88)로 제현하여 Cagampang et al.(1973)의 방법에 따라 3반복으로 조사하였다. 계통 및 품종별로 5g의 현미를 도정기(KETT, grain polisher pearlest)에서 40초간 연마하여 백미로 조제한 후 다시 백미 5g을 분석용 분쇄기(IKA, A11-basic)에 넣어 제분한 다음 100-mesh 체를 통과한 가루만 실험에 사용하였다. 각 계통별로 100mg의 쌀가루를 담은 후 지름 13mm, 길이 100mm인 시험관(Pyrex no. 9820)에 0.025% thymol blue (95% ethanol) 0.2ml을 넣어 백미가루를 젓게 한 후 0.2N KOH 용액 2.0ml을 첨가하였다. Vortex (SCIENTIFIC INDUSTRIES INC. G-560)로 고르게 혼합하여 8분간 끓는 항온수조(DAIHAN SCIENTIFIC, WB-22) 속에 넣어둔 다음 호화된 gel이 담긴 시험관을 꺼내어 상온에서 5분간 놓아둔 후 약 2℃의 얼음물

속에 20분간 두었다. 냉각된 시험관을 수평인 모눈종이(1mm/눈금) 위에 평평하게 눕혀서 1시간 후 흘러간 gel의 길이를 모눈종이의 눈금을 이용하여 측정하였다. 호응집성은 다음과 같은 기준으로 평가하였다(표 2).

Table 2. Evaluation value of gel consistency in rice

Consistency	Gel length (mm)
Soft	60 - 100
Medium	41 - 60
Hard	25 - 40

다. 식미검정

식미 검정은 경상북도 농업기술원에서 Toyo 시험용 정미기(MC090A, Toyo)를 이용하여 도정율 91%로 도정하여 계통당 33g의 시료를 정량하였다. 시료를 향운수조(MB-90A, Toyo)의 80℃인 수온에 10분간 취반한 후 상온에서 5분간 뜸들이기를 한 다음 토요식미 측정기(Infratec 1241, Toyo, Japan)를 사용하여 시료당 3반복으로 식미를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 저아밀로스 계통의 농업적 특성

아밀로스 함량이 낮은 계통으로 선발된 4 계통 중 'P50-4-4-5'를 제외한 3계통의 간장은 모품종인 '동진'보다 큰 편이었다. 저아밀로스 돌연변이 'P50-4-4-5'의 1계통의 출수기는 '동진'과 같은 경향이었고 'P50-1-2-2'의 1계통의 출수기는 '동진'보다 2일 빠른 경향이였다. 저아밀로스 계통의 정조 수량성은 모품

종인 '동진'에 비해 낮은 경향을 보였는데 'P50-1-2-2'는 약 22%, 그 외 3계통은 8~9% 감소되었다(표3). 벼 형질전환체의 출수기는 모품종보다 10~20일까지 늦어졌다는 보고(Bashir et al. 2004)도 있고, 모품종의 genotype에 따라서 3~6일 정도 빠르거나, 동일하게 출수한다는 보고(Park et al. 2007)도 있어서 형질전환체의 출수기는 일정하지 않음을 알 수 있는데, 본 연구에서 T-DNA가 삽입되어 유기된 돌연변이 계통의 출수기는 4계통 중 2계통이 모두 모품종인 '동진'과 같은 경향이였다.

2. 미립의 성분 분석 및 외관 특성

가. 미립의 화학적 성분 분석

돌연변이 계통인 'P50-1-2-2'의 3계통의 아밀로스 함량은 16.1~16.7%로 모품종인 '동진'(21.3%)에 비해 약 5% 낮았고, 저아밀로스 품종인 '백진주'에 비해서도 1% 정도 낮았다(표4). 저아밀로스 돌연변이 계통들의 단백질 함량(6.2~6.7%)은 모품종(7.1%)보다 낮은 경향이였으나 지방함량은 2.4%내외로 '동진'의 1.6%보다 높았다.

Table 4. Chemical properties of low amylose mutants derived from a rice cultivar 'Dongjin'

Lines	Amylose(%)	Protein(%)	Lipid(%)
P50-1-2-2	16.46±0.39	6.67±0.07	2.35±0.03
P50-2-5-1	16.67±0.29	6.18±0.12	2.34±0.06
P50-4-4-5	16.12±0.12	6.34±0.10	2.41±0.05
P50-5-5-2	16.61±0.47	6.25±0.03	2.41±0.06
Dongjin	21.31±0.12	7.05±0.17	1.61±0.05
Baekjinju	17.04±0.82	6.78±0.21	2.63±0.04

Table 3. Agronomic traits of low amylose mutants derived from a rice cultivar 'Dongjin'

Lines	Heading date (day/month)	Culm height (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles	Rough rice yield (Kg/10a)	Yield index (%)
P50-1-2-2	8/19	78.0	20.5	10.1	455	78
P50-2-5-1	8/19	79.2	20.4	11.9	528	91
P50-4-4-5	8/21	68.2	19.1	17.4	537	92
P50-5-5-2	8/21	80.1	20.5	12.0	539	92
Dongjin	8/21	76.2	19.5	19.2	583	100
Baekjinju	8/18	71.3	19.5	12.8	492	84

저아밀로스 계통 중에서 ‘P50-4-4-5’의 출수기는 8월 21일로 모품종인 ‘동진’과 같고 간장이 ‘동진’보다 8cm 정도 짧으면서 수량성도 비교적 높을 뿐만 아니라, 아밀로스 함량이 16.1%로 ‘동진’보다 5%정도 낮아서 저아밀로스 계통으로 유망시 되었다.

선발된 ‘P50-4-4-5’와 ‘동진’, ‘백진주’의 현미와 백미의 아밀로스, 단백질 및 지질을 분석한 바(표 5), ‘P50-4-4-5’ 백미의 아밀로스는 ‘동진’에 비해 3.6% 낮았고, ‘백진주’와 비슷하였다. ‘P50-4-4-5’의 현미의 단백질 함량은 6.3%로 ‘동진’이나 ‘백진주’보다는 약간 낮았으나, 백미에서는 모품종인 ‘동진’에 비해 약간 높은 경향이였다.

Table 5. Amylose content and protein in brown and milled rice of a mutant ‘P50-4-4-5’

Lines	Brown rice(%)		Milled rice(%)	
	Amylose	Protein	Amylose	Protein
P50-4-4-5	16.12±0.12	6.34±0.10	13.27±0.05	7.60±0.00
Dongjin	21.31±0.12	7.05±0.17	16.87±0.12	7.37±0.05
Baekjinju	17.04±0.82	6.78±0.21	14.37±0.05	7.97±0.05

일반적으로 쌀은 아밀로스 함량에 따라 1~2%는 waxy, 7~20%는 저아밀로스, 20~25%는 중간 아밀로스, 25% 이상은 고아밀로스로 분류하고 있다(Song et al. 2008). 본 연구에 공시된 돌연변이 계통 중에서 ‘P50-4-4-5’는 백미의 아밀로스 함량이 13.3%로 분석되어 일반적인 저아밀로스 계통보다도 아밀로스 함량이 낮은 계통으로 분류되었다(표 4, 5).

나. 미립의 외관 특성

선발된 저아밀로스 계통 ‘P50-4-4-5’의 현미의 형태

적 특성을 모품종인 ‘동진’과 비교한 바(표 6), 현미의 천립중이 20.3g으로 ‘백진주’ 보다는 약간 무거웠으나 ‘동진’의 22.5g에 비해서는 가벼웠다. ‘P50-4-4-5’현미의 장/폭비가 1.8로써 ‘동진’의 1.7에 비해 높게 조사되었는데, 이는 돌연변이 계통의 현미모양이 ‘동진’에 비해 약간 긴 장원형에 가깝다는 것을 의미한다(그림 1).



Fig. 1 .Grain appearance of brown rice of a low amylose line ‘P50-4-4-5’(A) and two rice cultivars, ‘Dongjin’(B) & ‘Baekjinju’(C).

선발된 저아밀로스 계통 ‘P50-4-4-5’, ‘동진’ 및 ‘백진주’에 대한 투명도를 조사한 바(그림 1), ‘P50-4-4-5’의 투명도가 가장 어두웠고 ‘동진’의 투명도가 가장 밝게 나타났다. 쌀 전분은 주로 아밀로펙틴과 아밀로스의 두 가지 다당류로 결정체를 이루고 있다. 전분 분자 중 아밀로펙틴 유래의 그물구조 골격에 아밀로스가 겹쳐지는 상태의 찹쌀은 이중 아밀로스의 변이체라서 아밀로스 분자를 채워 넣어야 할 곳에 수용성 물질이 차 있다가 건조하게 되면 그곳에 미세한 공극이 생겨서 빛의 난반사에 따라 불투명하게 보이게 되어 찹쌀이나 저아밀로스 쌀의 투명도가 낮은 것으로 알려져 있다(Choi. 1997).

Table 6. Grain weight and appearance of brown rice in a mutant ‘P50-4-4-5’

Lines	Thousand weight(g)	Brown rice(mm)			Length /Width
		Length	Width	Thickness	
P50-4-4-5	20.27±0.52	4.88±1.45	2.70±1.18	2.07±0.15	1.81±1.41
Dongjin	22.52±0.47	4.86±0.08	2.87±0.10	2.25±0.14	1.70±0.09
Baekjinju	19.60±0.21	4.71±0.13	2.98±0.16	1.99±0.07	1.58±1.45

‘P50-4-4-5’ 백미의 천립중은 18.9g으로 ‘동진’(19.7g)에 비해 가벼웠으나 ‘백진주’(17.6g)보다는 무거웠다. ‘P50-4-4-5’ 백미의 장/폭비는 1.8로서 ‘동진’(1.7)이나 ‘백진주’(1.6)에 비해 큰 편이었다. Koh et al.(1997)은 ‘화청’에서 유래한 저아밀로스 돌연변이 계통 중에서 모품종에 비해 농업적인 생육특성이 계통에 따라 다소 차이가 있었고, 천립중은 모두 감소하였다고 하는 데 본 연구에서 선발된 ‘P50-4-4-5’의 천립중도 모품종에 비해 가벼웠다. 또한 돌연변이 계통 중에 du-4 유전자를 가진 계통을 제외한 대부분의 계통들은 미립의 길이, 폭 및 두께가 모품종인 ‘화청’보다 작아졌다고 하는 데 이 결과도 본 연구에서 조사된 ‘P50-4-4-5’의 결과와 유사한 경향이였다.



Fig. 2. Grain appearance of milled rice of a low amylose line ‘P50-4-4-5’ and two rice cultivars, ‘Dongjin’(B) & ‘Baekjinju’(C).

Table 7. Grain weight and appearance of milled rice in a mutant ‘P50-4-4-5’

Lines	Thousand weight(g)	Brown rice (mm)			Length/Width
		Length	Width	Thickness	
P50-4-4-5	18.86 ± 0.43	4.74±0.17	2.65±0.13	1.92±0.18	1.79±0.12
Dongjin	19.66 ± 0.06	4.86±0.16	2.76±0.15	2.07±0.11	1.70±0.10
Baekjinju	17.64 ± 0.19	4.56±0.11	2.84±0.13	1.99±0.07	1.61±0.07

Table 8. Scores of alkali digestion evaluated from brown and milled rice of a low amylose line ‘P50-4-4-5’

Score	Gelatinization temperature	P50-4-4-5		Dongjin		Baekjinju	
		Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice
1	High 74.5-80.0°C						
2							
3							
4	Intermediate 70.0-74.0°C						
5							
6	Low 55.5-69.5°C	5.5	6.0			5.8	
7				6.8	6.3		6.3

‘P50-4-4-5’의 백미 투명도는 현미에서 같이 ‘백진주’와 비슷한 양상을 보였다(그림 2).

3. 미립의 소화 특성 및 식미치

가. 알칼리 붕괴도

선발된 ‘P50-4-4-5’ 현미의 알칼리 붕괴도는 모품종

인 ‘동진’에 비해 1.3 정도 낮았고 ‘백진주’보다도 0.3 정도 낮게 나타났다. 백미에서도 ‘P50-4-4-5’의 알칼리 붕괴도는 ‘동진’과 ‘백진주’에 비해 약간 낮게 나타났다(표 8, 그림 3).

쌀의 알칼리 붕괴도는 쌀의 호화특성을 나타내는 중요한 미질특성으로 호화온도와는 높은 부의 상관을 나타내며 알칼리 붕괴도가 낮을 수록 식미가 양호한 경향을 보이고(Choi 2001) 아밀로스 함량이 낮아지면 알칼리 붕괴도가 낮아지는 것으로 알려져 있다 (Juliano 1985). 따라서 ‘P50-4-4-5’는 ‘동진’과 ‘백진주’에 비해 아밀로스 함량이 낮고 알칼리 붕괴도도 낮아서 찰기가 높은 양식미로 확인되었다.

나. 호응집성

호응집성 실험 결과 현미에서는 ‘P50-4-4-5’의 gel 길이가 69mm로 ‘동진’(58mm), ‘백진주’(67mm)보다 길었으며, 백미에서도 ‘P50-4-4-5’의 gel 길이가 84mm로 ‘동진’(76mm), ‘백진주’(81mm)보다 길게 나타났다(표 9, 그림 4, 5).

쌀의 호응집성은 호화시킨 쌀가루의 점성을 나타내는 지표이다. 쌀에 물을 첨가하여 밥을 지으면, 쌀 배유 구성 탄수화물인 전분 분자의 수소결합의 재배열에 따라 호화 현상이 일어난다. gel의 길이가 61~100mm인 쌀은 ‘soft’, 41~60mm는 ‘medium’, 26~40mm는 ‘hard’로 표시하여 쌀의 조직감을 구분하며 아밀로스, 단백질, 지질함량에 따라서도 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Juliano, 2003). 이 기준에 따르면 현미의 경우 ‘P50-4-4-5’와 ‘백진주’는 ‘soft’에 포함되었으나 ‘동진’은 ‘medium’으로 분류되었고, 백미는 모두 ‘soft’에 포함되었다. 쌀의 아밀로스 함량, 알칼리 붕괴도 및 단백질 함량이 비슷하면서 밥맛에 차이가 나는 품종들 중 식미가 좋은 품종들은 그렇지 않은 품종에 비하여 상대적으로 호응집성이 약간 높은 경향인데(Kim & Kim, 1987), 이는 호응집성이 커지면 밥의 경도가 낮아져서 부드러운 질감을 가지게 되는 것으로 알려져 있다(Perez & Juliano, 1979). 본 연구에서 선발된 ‘P50-4-4-5’의 백미는 아밀로스 함량이 낮

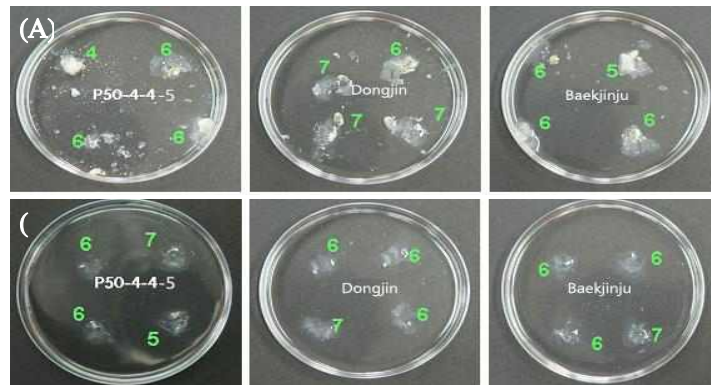


Fig. 3. Score of alkali digestion in brown(A) and milled rice(B) of a low amylose line ‘P50-4-4-5’ and two cultivars, ‘Dongjin’ & ‘Baekjinju’.

Table 9. Comparison of gel consistency in a low amylose rice ‘P50-4-4-5’

Lines	Gel consistency(mm)	
	Brown rice	Milled rice
P50-4-4-5	69.0±14.8	84.0±10.1
Dongjin	58.0± 8.6	76.0±12.3
Baekjinju	67.0±12.1	81.0±10.5

※ ‘Dongjin’: donor cultivar of ‘P50-4-4-5’, ‘Baekjinju’: check cultivar

고 호응집성이 ‘soft’로 구분되어 밥의 질감이 우수한 양질미 계통으로 조사되었다.

다. 식미검정

선발된 ‘P50-4-4-5’의 식미치는 Toyo식미조사 결과 평균 78.8점으로 ‘동진’에 비해 18.5점, ‘백진주’보다 10.5점 높게 나타났다(표 10).

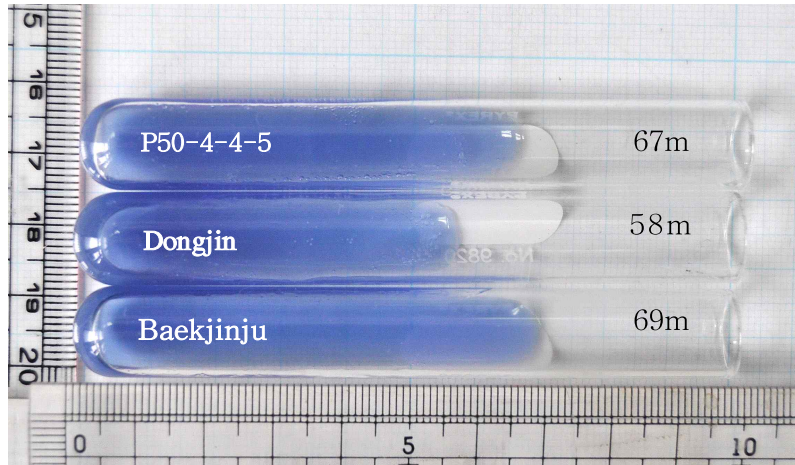


Fig. 4. Gel consistency measured in brown rice of a low amylose line 'P50-4-4-5'.

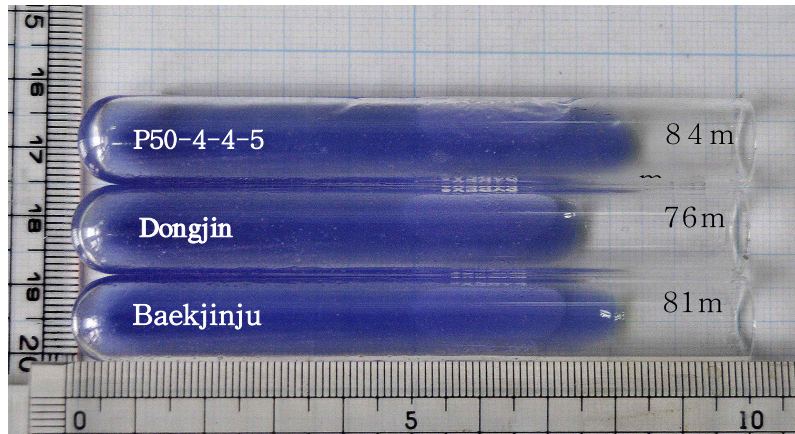


Fig. 5. Gel consistency measured in milled rice of a low amylose line 'P50-4-4-5'.

Table 10. Palatability score based on Toyo value of a low amylose line 'P50-4-4-5'

Lines	Palatability			
	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Mean
P50-4-4-5	79.2	78.7	78.6	78.8±0.32
Dongjin	59.4	61.1	60.3	60.3±0.85
Baekjinju	68.0	69.7	67.2	68.3±1.28

본 연구에서 저아밀로스 계통으로 선발된 'P50-4-4-5'는 아밀로스 함량이 낮으면서 단백질 함량도 낮고, 호응집성 분석에서 gel의 길이도 기존의 저아밀로스 품종인 '백진주' 보다도 긴 특성을 가지고 있어서 종합적인 식미치가 높게 나타난 것으로 사료된다. 금후 미립에 대한 보다 정밀한 이화학적 특성 분석과 함께

품종 등록에 필요한 시험절차를 걸친 후에 새로운 양식미 품종으로 등록될 예정이다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업 (과제번호: PJ008091022011)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

1. Bashir K., T. T. Huanain, Z. Fatima, S. A. Latif and S. Riazuddin, 2004, Field evaluation and risk

- assessment of transgenic indica basmati rice. *Molecular Breeding* 13: 301-312.
2. Cagampang P., C. M. Erez and B.O. Juliano, 1973, A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agri.* 24: 1589-1594.
 3. Choe Z. R. and M. H. Heu, 1975, Optimum conditions for alkali digestivity test in rice. *Korean J. Crop Sci.* 19: 7.
 4. Choi H. C., 2002, Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value added products. *Korean J. Crop Sci.* 47(s): 15 - 32.
 5. Choi E. J. and H. S. Kim, 1997, Physicochemical and gelatinization properties of glutinous rice flour and starch steeped at different conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26, 17-24.
 6. Juliano B. O., 2003, Rice chemistry and quality. *Philippine Rice 7. Research Institute.* pp. 215-220.
 7. Juliano B. O., 1985, Criteria and tests for rice grain qualities. In *rice: Chemistry and Technology.* AACC, USA: 443-524.
 8. Kazuo I., A. Yoshihiro, H. Noboru, N. Akira, Y. Masao, A. Ikuo, H. Takeo, S. Mitsuru and I. Tokio, 2001, "Milky Queen", a new high-quality rice cultivar with low amylose content in endosperm. *Bulletin of the National Institute of Crop Science* 2: 39-61.
 9. Kim C. E., J. K. Sohn, and M. Y. Kang, 2007, Relationship between palatability and physicochemical properties of carbohydrate components in rice endosperm. *Korean J. Crop Sci.* 52: 421-328.
 10. 김광호, 배동호, 박효진, 김상현, 정우석, 김소연, 이지현, 이영태, 황홍구, 홍하철, 김명기, 조명찬, 강경호, 이정희, 2006, 쌀 호화 점도 특성 및 식이 섬유함량 다양화 소재개발. *농림부 보고서*: pp. 33-34.
 11. Kim K. H., S. Z. Sah, H. J. Koh and M. H. Heu, 1992, New mutant for endosperm and embryo characters in rice: Two dull endosperms and a giant embryo. *Proc. SABRAO Int. Symp. 'Impact of Biological Research on Agricultural Productivity'*. pp.125-131.
 12. Kim K.H., M. H. Heu, S. Z. Park and H. J. Koh, 1991, New mutants for endosperm and embryo characters in rice. *Korean J. Crop. Sci.* 36: 197-203.
 13. Kim H. K. and H. S. Lee, 1990, Gel consistency of Korean rice varieties. *Korean J. Breed.* 21: 275-282.
 14. Kim K. J. and K. H. Kim, 1987, Study on the physicochemical properties of rice grains harvested from different regions. *Korean J. Crop Sci.* 32: 234-242.
 15. Khush G. S., C. M. Paule and N. M. De La Cruz, 1979, Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. The proceedings of the workshop on "Chemical aspects of rice grain quality." IRRI: 21-31.
 16. Kwak T. S., 1999, Variation of major physicochemical properties related to grain quality by the rapidity of grain filling in rice. *Korean J. International Agriculture.* 11: 33-41.
 17. Okuno K., H. Fuwa and M. Yano, 1983, A new mutant gene lowering amylose content in endosperm starch of rice, *Oryza sativa* L. *Japan J. Breeding* 33: 387-394.
 18. Omura T, and H. Saitoh, 1984, Mutation of grain properties in rice. In S. Tsunoda and N. Takahashi(eds.), "Biology of rice", Japan Sci. Press, Tokyo/Elsevier, Amsterdam. pp.293-303.
 19. Park H. M., M. S. Choi, A. R. Choi, J. H. Lee, M. K. Kim, Y. G. Kim, D. B. Shin, J. Y. Lee and Y. H. Lee, 2010, Variation of amylose content using dsRNAi vector by target 3'-UTR region of GBSSI gene in rice. *Korean J. Breed. Sci.* 42: 515-524.
 20. Park H. M., Y. H. Kim, J. P. Suh, M. S. Choi, K. J. Kim, D. B. Shin, C. H. Park and J. Y. Lee, 2007, Evaluation of agronomic and molecular biological characteristics of the herbicide resistance

- transgenic rice. Korean J. Breed. Sci. 39: 148- 154.
21. Perez C. M. and B. O. Juliano, 1979, Indicators of eating quality for non-waxy rices. Food chem. 4: 185-195.
22. Saitoh H. and T. Omura, 1981, New endosperm mutations by introduced by chemical mutagenes in rice. *Oryza sativa* L. Japan. J. Breed. 39(3): 316-326.
23. Song J. and J. H. 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 difference amylose content. Korean J. Crop Sci. 53: 285-291.
24. Son J. R., J. H. Kim, J. I. Lee, Y. H. Youn, J. K. Kim, H. G. Hwang and H. P. Moon, 2002, Trend and further research of rice quality evaluation. Korean J. Crop Sci. 47(s): 33-54.
25. www.rda.go.kr(한국농촌진흥청)