

거대배 돌연변이 계통벼 쌀 배유 전분의 이화학적 특성

강미영 · 이연리 · 고희종¹ · 남석현^{2,*}

경북대학교 식품영양학과, ¹서울대학교 농학과, ²이주대학교 생명과학과

(2003년 2월 18일 접수, 2003년 3월 24일 수리)

화청찰벼, 화청벼, 그리고 이들의 거대배아미 품종인 화청찰거대배아미, 화청거대배아미 등 4품종의 쌀로부터 전분을 분리하여 몇몇 이화학적 특성을 비교하였다. 거대배아 품종으로 유기되면서 아밀로오스의 함량은 감소하고 있었으며, 아밀로오스 분획의 포도당 사슬의 길이도 짧아지고 있었다. 아밀로펙틴의 미세구조는 거대배아 품종으로 유기됨에 따라 B chain의 사슬길이가 약간씩 증가하는 경향이 있고, A chain의 양은 감소하고 있었으며, 아밀로펙틴을 구성하는 포도당의 평균 사슬길이는 약간씩 증가하고 있었다. X선 회절도상에서는 4품종 모두 전형적인 A type이었으며, glucoamylase에 의한 가수분해도는 찰품종의 경우에는 거대배아미로 유기되면서 가수분해도가 낮아지는데 비해서 메품종의 경우에는 반대의 결과를 얻었다. 호화중요온도는 거대배아미 품종으로 유기됨에 따라 낮아지고 있었고, 호화 엔탈피는 거대배아미 품종으로 유기됨에 따라 증가하고 있었다.

Key words: 화청찰벼, 화청벼, 화청찰거대배아미, 화청거대배아미, 아밀로오스, 아밀로펙틴, 호화특성

서 론

우리민족의 주식인 쌀의 품종육종에 관한 연구는 여러 연구자들에 의해서 의욕적으로 진행되었고, 다양한 미질 변이체들이 유기되어 쌀 품종 및 용도의 다양화에 기여할 품종들이 육종 개발되어 있다. 예를 들면, 저아밀로오스¹⁾ 돌연변이체는 취반용으로, 분상질 · 고당미²⁾ · 고아밀로오스 돌연변이체³⁾는 가공용도로, 고단백⁴⁾ · 고 lysine⁵⁾ 돌연변이체는 고영양미로서의 이용이 기대되는 쌀 품종들이었다.

한편 쌀의 배아에는 영양성분 중 양질의 단백질과 비타민 그리고 필수지방산이 종실의 어느 부분보다도 다량 축적되어 있다.⁶⁾ 또한 배아는 항산화제인 α -tocopherol 및 γ -oryzanol, 피틴산 등 생리활성 물질의 보고로서도 의미가 있는 쌀 부위이다. 이에 기존의 유전자원 중에서 배아가 큰 품종을 찾는 노력과 돌연변이 육종에 의해서 거대배 변이체가 개발되었다.^{7,8)}

본 연구는 화청벼에 MNU(methylnitrosourea)를 처리하여 유기시킨 화청거대배 변이체 계통의 기능성 쌀 가공 식품 소재로서의 이용을 위한 일련의 연구 중 하나로서 아미노산 및 지질 성분분석, 비타민 B₁, B₂, 및 E의 함량 등의 영양성분 분석(미발표)에 이어서 종실의 주요 구성 성분인 전분의 이화학적 특성을 조사한 것이다. 거대배아미는 배아의 크기가 큰 만큼 배유가 위축된 상태이므로 배유의 등숙상태가 원품종에 비해서 다소 충실하지 못한 경향이 있다. 그러므로 취반용 보다는 가공식품의 형태로 이용하는 것이 바람직한 쌀 품종이다. 그러나 이러한 거대배아미를 이용하여 어떠한 형태의 쌀 가공식품을 제조하더라도 결국 거대배아미 주성분은 역시 전분이므로, 전분질 식품의 가공적성 검정을 위한 거대배아미 전분의 이화학

적 특성에 기인하는 물성에 대한 검토가 필요하다. 이에 화청벼 품종의 메벼, 찰벼 및 이들로부터 유기한 화청거대배아미 및 화청찰 거대배아미 등 4품종의 쌀 배유로부터 전분분획을 제조하여 이들 4품종 전분분자의 포도당 사슬 길이의 분포를 통한 전분의 미세구조, 전분의 결정화도, 호화특성 및 효소가수분해도 등을 각각 비교하였다.

재료 및 방법

전분시료의 조제. 화청찰벼, 화청벼 및 이들에 MNU를 처리하여 유기시킨 화청찰거대배아미, 화청거대배아미 등 4품종 (Fig. 1)의 현미를 각각 50 mM LiOH에서 14시간 침적시킨 후, 막자사발로 곱게 갈아서 isoamyl alcohol, acetone, ethyl alcohol의 순서로 단백질 및 지질 분획을 제거시키고 물로 잘 수세한 후, 전분 침전물을 얻어 풍건시켜서 데시케이터에 보관하면서 사용하였다.

SEM 관찰. 알칼리 침지법에 의해서 분리한 전분입자를 SEM (Scanning Electron Microscope, Hitachi, S-4200, Japan)을 사용하여 5,000배 배율로 관찰하였다.

전분-I₂ 정색반응. 전분시료를 1 N-NaOH에 의해서 알칼리 호화시킨 후, acetic acid로 중화시켜, 전분 1 mg당 1% I₂-10% KI 0.2 ml를 첨가하여 정색반응 시켜, 분광광도계에 의해서 500 nm에서 부터 700 nm까지의 흡광도를 측정하였으며,⁹⁾ 680 nm에서의 흡광도와 아밀로오스 함량간의 표준곡선으로부터 아밀로오스 함량을 각각 산출하였다.

전분의 포도당 사슬길이 분포 비교. 전분시료 30 mg을 1 N NaOH에 의해서 알칼리 호화한 다음 중화시킨 후, isoamylase (EC 3.2.1.168, Sigma, St. Louis, MO, USA) 750 units 첨가하여 40°C에서 24시간 반응시킴으로써 전분분자의 포도당간의 결합을 가수분해시킨 후, 이 용액에 에탄올을 첨가하여 효소 반응을 불활성화시키고 감압건조함으로써 전분분자 중 α -1,6결합

*연락처

Phone: 82-31-219-2619, Fax: 82-31-219-1615

E-mail: shnam@ajou.ac.kr

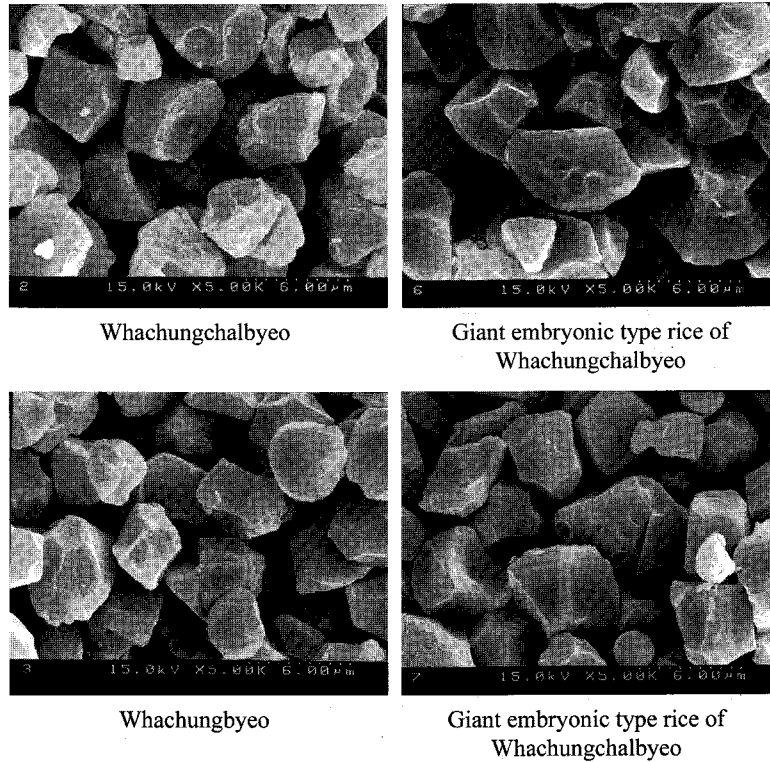


Fig. 1. Scanning electron micrographs (x5000) of giant rice type starch granules.

을 가수분해시킨 debranched 전분분획을 얻는다.¹⁰⁻¹²⁾ 이러한 debranched 전분분획들의 포도당 사슬길이의 분포를 분석하기 위해서 Tosoh TSK-gel G2000PW(7.5×300 mm)와 G3000PW(7.5×300 mm) 2개를 연결시킨 column을 사용하여, 용출용매; 0.1 M 인산완충액(pH 6.0)-0.02% NaN₃-1.5% CH₃CN, chart speed; 1 mm/min, running time; 30 min의 조건에서 HPLC chromatogram을 각각 얻는다. 각 chromatogram 상의 포도당 사슬의 분자량은 pullulan standard(Shodex standard P-82, MW; 112,000, 22,800, 5,900) 및 ethylenglycol (MW; 62)를 사용하였다.¹³⁾

X선 회절도 측정. 시료전분을 X선 회절기(Philips, X'pert PW3710, Netherland)를 이용하여 target; Cu-ka, scanning speed; 0.04° 2θ/s, voltage; 30 wv, current; 20 mA의 조건으로 회절각도(2θ)를 5°에서 40°까지 회절시키면서 분석하여 X선 회절도를 얻었다.

Glucoamylase에 의한 가수분해도 비교. 전분 시료 100 mg을 0.4 M acetate buffer(pH 4.8)에 현탁시켜 glucoamylase (EC3.2.1.3, Sigma, St. Louis, MO, USA) 35 units를 첨가하여 37°C에서 반응시키면서 경시적으로 반응액으로부터 100 μl씩 채취하여, 열탕에 넣음으로써 가수분해 반응의 정지와 더불어 전분을 호화시켰다. Total sugar의 함량은 phenol-H₂SO₄¹⁴⁾법으로, 그리고 가수분해되어 유리되는 glucose의 함량은 glucose-oxidase peroxidase 법으로 각각 측정하여 가수분해도를 산출하였다.

전분입자의 호화양상 비교. 시차주사열량계(DSC)를 사용하여, 알루미늄팬에 전분(1): 물(2)의 비율로 담아 25°C에서 95°C

까지 10°C/min으로 승온에 따른 DSC thermogram으로부터 호화 개시온도, 호화 최대온도, 호화 종결온도 및 호화 엔탈피를 각각 산출하였다.¹⁵⁾

결과 및 고찰

SEM 관찰에 의한 전분입자의 형태 비교. 알칼리 침지법에 의해서 제조한 쌀 배유 전분입자의 SEM 사진을 Fig. 1에 나타내었다. 대체로 일반품종에 비해서 거대메이머 품종의 전분입자의 크기가 약간 큰 경향이 있는 것 같고, 일반품종 벼의 경우에는 메품종에 비해서 찰품종의 전분입자의 크기가 약간 큰 경향이 있는 듯하다.

전분-I₂ 정색반응. 찰품종 및 메품종의 쌀 그리고 이들의 거대메이머 품종 등 4품종 쌀의 배유 전분 분획을 제조하여 알칼리 호화시킨 후 전분-I₂ 복합체 형성에 기인하는 정색 반응물의 690 nm에서의 흡광도인 blue value로부터 아밀로오스 함량을 구하였고, 500 nm에서부터 700 nm까지의 흡광도 변화를 비교하여 최대흡수파장 및 최대 흡수파장에서의 흡광도 비교에 의하여 전분분자 중 아밀로오스 분자의 chain length를 유추 비교 하였다. 최대흡광도를 나타내는 파장의 차이는 아밀로오스 분자의 chain length 길이와 관련이 있다고 여겨지는 사항이고¹⁶⁾ 최대 흡광도를 나타내는 파장에서의 흡광도가 높다는 것은 유사한 chain length의 것들이 증첩되어 있음을 뜻한다고 할 수 있다는 점에서 쌀 품종 간 배유 전분 중 아밀로오스 분자의 구조적인 차이를 반영하는 지표로서 사용할 수 있다.¹⁷⁻¹⁹⁾ Table 1에 화청벼 계통의 찰벼 품종인 화청찰벼와 메벼 품종인 화청벼

Table 1. Amylose contents and wavelength in λ_{max} of iodine absorption of starches in endosperm mutants of rice

Cultivars	Blue Value (A_{680nm})	Amylose con. (%)	λ_{max} (nm)	Absorbance at λ_{max}
Whachungchalbyeo	0.119	4.85	526.0	0.293
Whachungchal-ge ¹⁾	0.079	3.22	522.5	0.232
Whachungbyeo	0.509	20.7	585.0	0.492
Whachung-ge ²⁾	0.332	13.5	583.5	0.430

¹⁾giant embryonic type rice of Whachungchalbyeo

²⁾giant embryonic type rice of Whachungbyeo

Table 2. Varietal differences in chain length distribution of rice starches debranched by isoamylase

Cultivars	Chain length distribution (%)					B/A
	Fr. I (Mw \geq 22560) (Dp \geq 132)	Fr. II (22560>Mw \geq 11280) (132>Dp \geq 66)	Fr. III (11280>Mw \geq 5640) (66>Dp \geq 33)	Fr. IV (5640>Mw \geq 2444) (33>Dp \geq 14)	Fr. V (Mw<2444) (Dp \leq 13)	
Whachungchalbyeo	4.24 \pm 0.27	1.63 \pm 0.095	5.57 \pm 0.63	42.2 \pm 1.72	44.8 \pm 0.21	1.20
Whachungchal-ge ¹⁾	9.73 \pm 0.28	3.75 \pm 0.17	6.89 \pm 0.58	36.5 \pm 0.33	43.1 \pm 0.41	1.32
Whachungbyeo	10.7 \pm 0.078	3.43 \pm 0.19	5.17 \pm 0.73	42.6 \pm 0.16	37.3 \pm 0.97	1.66
Whachung-ge ²⁾	6.02 \pm 0.18	6.49 \pm 0.18	7.12 \pm 0.63	57.7 \pm 0.87	22.6 \pm 0.44	3.42

¹⁾giant embryonic type rice of Whachungchalbyeo

²⁾giant embryonic type rice of Whachungbyeo

Table 3. Classification of rice starches based on X-ray diffraction patterns

Cultivars	X-ray diffraction intensity scale			
	3b	4b	4c	6a
Whachungchalbyeo	4.25 \pm 0.081	5.73 \pm 0.076	5.86 \pm 0.076	3.83 \pm 0.076
Whachungchal-ge ¹⁾	3.76 \pm 0.057	4.86 \pm 0.057	5.10 \pm 0.100	3.33 \pm 0.057
Whachungbyeo	4.26 \pm 0.076	5.45 \pm 0.050	5.13 \pm 0.057	3.30 \pm 0.100
Whachung-ge ²⁾	4.18 \pm 0.028	5.02 \pm 0.115	5.13 \pm 0.057	3.08 \pm 0.126

¹⁾giant embryonic type rice of Whachungchalbyeo

²⁾giant embryonic type rice of Whachungbyeo

그리고 이들의 거대배아 품종인 화청찰거대배아미 및 화청거대배아미 4품종 쌀 배유 전분의 전분-I₂ 복합체의 흡광도를 각각 나타내었다. 일반벼 품종인 화청벼의 아밀로오스 함량은 20.7% 이고, 이것의 찰품종도 약간의 아밀로오스를 함유하고 있어 약 4.8%의 함량을 나타내고 있었다. 그리고 이들의 거대배아 품종들은 각각 13.5% 및 3.22%로서 거대배아 품종으로 유기되면서 아밀로오스의 함량은 감소하고 있음을 알 수 있다. 전분-I₂ 정색반응의 최대흡광도 파장은 메벼품종이나 찰벼품종에 관계없이 거대배아미 품종의 경우 약간 단파장쪽으로 이동하는 경향이 있었으며, 최대흡광도를 나타내는 파장에서의 흡광도 또한 약간 감소하는 경향이 있어, 거대배아 품종은 일반 품종에 비해서 아밀로오스 분획의 포도당 사슬의 길이가 약간 짧으리라는 것을 유추할 수 있다.

전분분자의 포도당 사슬길이 분포. 전분분자의 포도당간 α -1,6결합을 isoamylase에 의해서 가수분해 시킨 후 얻은 glucose α -1,4 결합만으로 이루어진 직쇄성분들의 분포를 검토하였다. HPLC를 수행하기 위한 실험방법상의 여과과정에서 직쇄성분 중 아밀로오스 분획에 해당하리라 여겨지는 장쇄성분들은 대부분 제외되었을 것으로 여겨지므로 본 실험방법에 의해서 알 수 있는 전분분자의 포도당 사슬길이 분포는 결국 전분분자 중 아밀로펙틴 유래의 분획에 해당한다고 할 수 있겠다. 전분분자의

glucose α -1,6 결합을 isoamylase에 의해서 가수분해시킨 후 얻은 glucose α -1,4 결합만으로 이루어진 직쇄성분들을 Tosoh TSK-gel G2000PW와 G3000PW를 연결시킨 column에 의해서 HPLC를 실시하여, HPLC chromatogram상의 각 변곡점을 기준으로 분자량이 큰 것부터 Fraction I, II, III, IV, V 등 다섯 부분으로 구분하였고, 각 부분의 면적비를 산출함으로써 품종별 전분분자의 glucose 중합도 분포를 정리하였다(Table 2). 또한 포도당 사슬의 중합도는 분자량을 각각 171[1/2 \times 360(2분자의 glucose)-18(H₂O)]로 나눈 값에 의해서 분류해 보면, Fr. I은 132이상, Fr. II는 66이상, Fr. III는 33이상, Fr. IV는 14이상, Fr. V는 13이하이었다. Juliano 및 Hizukuri 등의 아밀로펙틴 분자의 미세구조 검토를 위해 사용하는 A chain 및 B chain의 개념^{20,21)}을, 유사한 방법에 의해서 분석한 본 연구의 결과와 상치시켜 보면, 본 연구의 Fr. I은 B₄ chain 분획과, Fr. II는 B₃ chain 분획과, Fr. III는 B₂ chain 분획과, Fr. IV는 B₁ chain 분획과 그리고 Fr. V는 A chain 분획과 각각 일치하는 경향이 있었다. 찰품종 메벼품종에 관계없이 거대배아 품종으로 유기됨에 따라 B chain의 사슬길이가 약간씩 증가하는 경향이 있고 A chain의 양은 감소하고 있음을 알 수 있다. 즉 거대배아 품종으로 유기됨에 따라 아밀로펙틴을 구성하는 포도당의 평균 사슬길이는 약간씩 증가하고 있음을 알 수 있었다.

Table 4. Time course of degradation of starch granules by glucoamylase

Cultivars	Hydrolysis percentage (%)			
	5 mins	30 mins	60 mins	120 mins
Whachungchalbyeo	12.44±0.14	31.02±2.04	67.60±2.69	90.98±0.33
Whachungchal-ge ¹⁾	9.58±0.668	25.14±4.27	54.35±1.15	68.29±2.49
Whachungbyeo	11.54±0.570	30.99±1.07	60.25±1.55	78.81±4.34
Whachung-ge ²⁾	11.23±0.700	31.77±1.42	65.74±4.07	92.02±3.75

¹⁾giant embryonic type rice of Whachungchalbyeo

²⁾giant embryonic type rice of Whachungbyeo

Table 5. Heat of gelatinization and Endotherm characteristics of starch granules by DSC

Cultivars	To ¹⁾ (°C)	Tp ²⁾ (°C)	Tc ³⁾ (°C)	ΔH ⁴⁾ (cal/g)
Whachungchalbyeo	64.28	72.30	88.0	2.55
Whachungchal-ge ⁵⁾	64.95	70.51	83.59	2.69
Whachungbyeo	63.00	68.46	88.42	1.74
Whachung-ge ⁶⁾	62.55	67.12	78.45	3.25

¹⁾on set temperature, ²⁾max. peak temperature, ³⁾completion temperature, ⁴⁾enthalpy

⁵⁾giant embryonic type rice of Whachungchalbyeo

⁶⁾giant embryonic type rice of Whachungbyeo

X선 회절도. 일반적으로 전분입자의 결정형태와 결정화도를 비교하는데 X선 회절도를 이용한다. 즉 X선 회절도의 peak가 날카로우수록 결정화도가 크다는 것을 의미하며,²²⁾ peak의 형태로부터 A, B, C 및 V type로 구분한다. 본 연구에서도 일반 품종 및 거대배아품종 전분들의 X선 회절도를 검토 한 결과(data 미제공), 화청찰벼, 화청벼 및 이들의 거대배아 품종인 화청찰벼대배아미, 화청벼대배아미 모두 X선 회절도상에서 3b, 4a, 4b, 6a의 peak가 뚜렷하게 구분되는 전형적인 A type 들이었다. 그리고 각 peak의 높이를 측정하여 정리한 Table 3에서 알 수 있듯이 거대배아미 품종으로 유기됨에 따라 각 peak의 수치가 약간 저하하는 경향을 보이고 있어, 일반품종에 비해서 거대배아 품종 전분의 결정화도가 약간 낮으리라 예상할 수 있었다.

Glucoamylase에 의한 가수분해도. 일반품종과 거대배아 품종 쌀 전분의 이화학적 특성의 비교 및 결정화도를 유추하기 위하여 전분입자의 glucoamylase에 의한 가수분해도를 비교하였다. Glucoamylase는 전분분자의 환원성 말단으로부터 순차적으로 작용하여 최종적으로 포도당의 단위까지 가수분해하는 exo-type의 효소이다. 실제로 생전분 입자에 glucoamylase를 작용시키면 생전분 입자는 입자의 표면으로부터 넓은 범위에 걸쳐 가수분해가 진행되므로 SEM 사진에서 전분분자의 표면이 너와집의 지붕과 같은 형태가 관찰된다.²³⁾ 이는 전분분자의 표면에 pin hole을 형성하면서 가수분해되고 전분입자를 부수어 쓰리면 계단상의 층상구조가 보이는 endo-type의 효소인 α-amylase와는 다른 특성이라는 점^{24,25)}에서 전분분자의 미세구조를 유추하는 수단으로 삼기도 하는 것이다.^{26,27)} 즉 glucoamylase에 의한 초기 가수분해도가 높다는 것은 전분입자의 표면으로 환원성 말단의 수가 많이 분포한다는 의미라고도 할 수 있기 때문이다. Table 4에서 알 수 있듯이 찰품종의 경우에는 거대배아미로 유기되면 glucoamylase에 의한 초기 가수분해도 및 전반적인 가수분해도가 낮아지는데 비해서 메품종의 경우에는

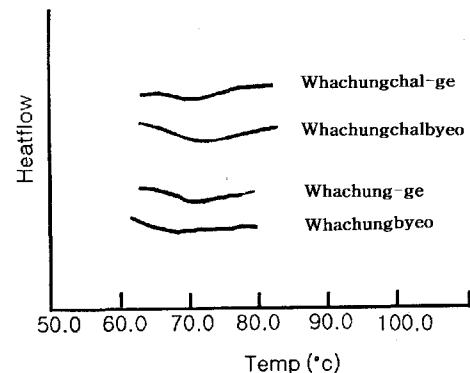


Fig. 2. DSC thermograms of various rice starch granules at heating rate of 10°C/min.

초기 가수분해도에는 별다른 차이가 없으나 시간이 경과한 후에는 오히려 거대배아미로 유기되면서 가수분해도가 높아지는 결과를 얻었으며, 가수분해도의 정도도 높아 일반 찰품종보다 약간 높거나 유사한 정도이었다.

호화특성 비교. 4품종 쌀 전분입자의 호화특성을, 전분입자가 호화될 때의 흡열반응을 시차주사열량계(DSC) 측정에 의한 DSC thermogram으로부터 산출한 호화개시온도, 호화최대온도, 호화종결온도 및 호화엔탈피를 정리하였다(Fig. 2, Table 5). 호화개시 온도인 경우 품종간의 차이는 없었으나, 호화종료온도는 거대배아미 품종으로 유기됨에 따라 낮아지고 있음을 알 수 있고, 호화 엔탈피는 거대배아미 품종으로 유기 됨에 따라 증가하고 있으며, 증가의 폭이 찰품종 보다 메품종에서 두드러지게 크다는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2000년~2002년까지 과학재단 목적기초 과제(과제

번호 R04-2000-00063)에 의해서 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Okuno, K., Fuwa, H. and Yano, M. (1983) A new mutant lowering amylose content in endosperm starch of rice. *Japan J. Breed.* **33**, 387-394.
2. Khush, G. S., Paule, C. M. and De la Cruz, M. M. (1979) Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. *In Proc. of Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, IRRI, pp. 21-31.
3. Yano, M., Okuno, K., Kawakami, J., Satoh, H. and Omura, T. (1985) High amylose mutants of rice, *Oriza sativa* L. *Theor. Appl. Genet.* **69**, 253-257.
4. Kumamaru, T., Satoh, H., Iwata, T., Omira, T. and Tanaka, K. (1988) Mutants for rice storage proteins. *Theor. Appl. Genet.* **76**, 11-16.
5. Schaeffer, G. W. and Sharpe, F. T. (1987) Increased lysine and seed storage protein in rice plants recovered from calli selected with inhibitory levels of lysine plus threonine and S-(2-aminoethyl) cysteine. *Plant Physiol.* **84**, 509-515.
6. Juliano, B. O. (1985) Rice-Chemistry and Technology, AACC Monograph Series. pp. 295-311.
7. Sato, H. and Omura, T. (1981) New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice, *Oriza sativa* L. *Jpn. J. Breed.* **31**, 316-326.
8. Kim, K. H., Park, S. Z., Koh, H. J. and Heu, M. H. (1992) New mutants for endosperm and embryo characters in rice: Two dull endosperms and giant embryo. *Proceed of SABRAO Intern. Symp. on The Impact of Biological Research on Agricultural Productivity*, pp. 125-131.
9. Asaoka, M., Okuno, K., Sawada, S., Sugimoto, Y and Fuwa, H. (1984) Effect of environmental temperature during development of rice plants on some properties endosperm starch. *Stärke* **33**, 9-13.
10. Ikawa, Y., Kang, M. Y., Sugimoto, Y. and Fuwa, H. (1983) Some properties of starch of job's tears. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* **30**, 5-12.
11. Kang, M. Y., Sugimoto, Y. and Fuwa, H. (1985) Some properties of starch of large and small granules of barley endosperm. *Agric. Biol. Chem.* **19**, 1291-1297.
12. Inouchi, N., Glover, D. V. Sugimoto, Y. and Fuwa, H. (1984) Developmental changes in starch properties of several endosperm mutants of maize. *Stärke* **36**, 8-13.
13. Kang, M. Y. and Han J. Y. (2001) Glucose chain length distribution of starches from endosperm mutant rices and its relationship with adaptability in rice bread processing. *Korean J. Food. Sci. Technol.* **33**, 50-54.
14. Loyd, J. B. and Whelan, W. J. (1969) An improved method for enzymic determination of glucose in the presence of maltose, *Anal. Biochem.* **30**, 467-470.
15. Biladeris, G. G. Maurice B. O. (1986) Thermal characterization of rice starch, *J. Agric. Food Chem.* **34**, 6-14.
16. Banks, W., Greenwood, C.T. and Thomson, J. (1959) The properties of amylose as related to the fractionation and subfractionation of starch. *Macromol. Chem.* **31**, 197-213.
17. Banks, W., Greenwood, C. T. and Muir, D. D. (1971) The characterization of starch and its components. III. The technique of semi-micro differential potentiometric iodine titration and factors affecting it. *Stärke* **23**, 118-124.
18. Banks, W., Greenwood, C. T. and Thomson, J. (1959) The properties of amylose as related to the fractionation and subfractionation of starch. *Macromol. Chem.* **31**, 197-213.
19. Banks, W., Greenwood, C. T. and Muir, D. D. (1974) A critical comparison of the estimation of amylose content by colorimetric determination and potentiometric titration of the iodine complex. *Stärke* **26**, 73-77.
20. Takeda, Y., Hizukuri, S. and Juliano, B. O. (1987) Structure of amylopectin with low and high affinities for iodine. *Carbohydr. Res.* **168**, 287-294.
21. Villareal, C.P., Hizukuri, S. and Juliano, B.O. (1997) Amylopectin staling of cooked milled rices and properties of amylopectin and amylose. *Cereal Chem.* **74**, 163-167.
22. Fuwa, H., Nakajima, M. and Hamada, A (1977) Comparative susceptibility to amylase of starches from different plant species and several single endosperm mutants and their double mutant combination with OPAQUE-2 inbred Oh 43 maize. *Cereal Chem.* **54**, 230-237.
23. Zobel, H. F., Young, S. N., and Rocca, L. A. (1988) Starch gelatinization an X-ray diffraction study, *Cereal chem.* **65**, 443-446.
24. Tagaya, T., Sugimoto, Y., Wako, K and Fuwa, H. (1979) Degredation of starch granules by α -amylase of streptomyces precox NA-273. *Stärke* **31**, 205-208.
25. Tagaya, T., Sugimoto, Y., Imo, E. and Fuwa, H. (1979) Degredation of starch granules by α -amylase of fungi. *Stärke* **30**, 289-293.
26. Fuwa, H. (1977) Digestion of various starch granules by amylases. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* **24**, 128-140.
27. Roy, L. W., James, N. B. and Eugene, F. P. (1984) In *Starch: Chemistry and technology*, 2nd ed. Academic press Inc, pp. 188-193.

Some Physical Properties of Starch Granules from Giant Embryonic Rice Endosperm

Mi-Young Kang, Yun-Ri Lee, Hee-Jong Koh¹ and Seok Hyun Nam^{2,*} (*Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea; ¹College of Agricultural and Life Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea; ²Department of Biological Science, Ajou University, Suwon 442-749, Korea*)

Abstract: Starches from 4 rice cultivars, including Whachungchalbyeo and Whachungbyeo, together with two corresponding conversion mutants with giant embryonic phenotype, Whachungchal-giant embryonic rice and Whachung-giant embryonic rice, were isolated to compare its physico-chemical properties. The amylose content and the length of glucose chains in the fractionated amylose was reduced in response to conversion of the rice cultivars for developing giant embryonic phenotype. For the fine structure of amylopectin, conversion to giant embryonic rice cultivars accompanied with slight increase in the length of B chain plus decrease in the amount of A chain, and also a slight increase in average glucose chains length of amylopectin fractions could be observed. X-ray diffractogram revealed 4 cultivars to be the representative A types. We could also obtain the results that the hydrolysis rate by glucoamylase in the waxy rice cultivars decreased in response to conversion to the giant embryonic rice cultivars, while the rate increased in the non-waxy rice cultivars. Termination temperature for gelatinization was observed to decrease in response to conversion into the giant embryonic rice cultivars, however, the enthalpy for gelatinization was found to increase with the same conversion process.

Key words: Whachungchalbyeo, Whachungbyeo, Whachungchal-giant embryonic rice, Whachung-giant embryonic rice, amylose, amylopectin, gelatinization property