

## 特殊 加工用 米質開發 : 粉狀質胚乳突然變異 系統의 理化學的特性과 遺傳

金光鎬\*\* · 高熙宗\* · 李璋薰\* · 朴淳直\*\*\* · 許文會\*

## Diversification of Rice Quality for Processing : Physicochemical Characteristics and Inheritance of Floury Endosperm Mutants

Kwang Ho Kim\*\* · Hee Jong Koh\* · Jang Hoon Lee\*

Sun Zik Park\*\*\* and Mun Hue Heu\*

**ABSTRACT** : This study was carried out to assess the agronomic characters and physicochemical properties of floury and chalky-endosperm mutant lines induced by chemical mutagen treatment to rice varieties, Hwacheongbyeo and IR24. Linkage analysis of a floury-endosperm gene was carried out using linkage testers.

The grain size of brown rice of the mutants was smaller than that of the original varieties. The 1,000-grain and 10 weight were lighter in the mutants compared with those in the original varieties. The compound starch granules in the endosperm cell of the mutants showed a loosely-packed crystalline structure. Amylose contents in mutants ranged from 16.9 to 28.5%. Crude protein contents of the mutants were not significantly different from the original rice variety, Hwacheongbyeo, but white core mutant(line 47106) derived from IR24 showed higher protein(11.32%) compared with IR24(8.30%). The mutants showed slightly harder gel characteristics, and much lower viscosity in Amylograph than original varieties.

Steamed rice-cakes from mutant lines showed greater volume than those from original varieties. During the process of alcohol fermentation, Brix in the mutants(especially floury mutants) decreased faster and the alcohol production after 10-day fermentation was much greater in the mutants than in the original varieties.

Three different gene loci for floury endosperm characteristics were identified from the allelism test among mutant lines, and the genes were tentatively symbolized as *flo-a*, *flo-b* and *flo-c*, respectively. A floury gene, *flo-a*, was linked with *lg*(liguleless) gene in the linkage group IV, with R.V.  $5.76 \pm 1.72\%$ .

이 논문은 1990년도 교육부 지원 학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

\* 서울대학교 농업생명과학대학(Coll. of Agric. & Life Sci., Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea)

\*\* 건국대학교 농과대학(Coll. of Agric., Kon-Kuk Univ., Seoul 133-701, Korea)

\*\*\* 한국방송통신대학(Korea Air & Correspondence Univ., Seoul 110-510, Korea) <'93. 5. 25 接受>

쌀의 품질육종은 Ikeno<sup>1)</sup>가 澱粉特性에 의해 찰과 메를 구별한 이래 아밀로스 함량, 단백질함량, 香米 등에 대한 품종간 變異와 그 이용성 평가에 주력되어 왔다. 근래 Satoh 와 Omura<sup>2)</sup>, 金等<sup>4,5)</sup>은 벼의 受精卵에 돌연변이 유기체를 처리하여 心白, 粉狀質, 찰, dull, sugary, shrunken, 巨大胚等 여러종류의 胚乳 및 胚의 突然變異를 誘起시켰는데, 이는 米質 多樣化에 크게 기여할 것으로 전망된다. 특히 쌀 소비확대를 위해 加工用 품질 개발이 아쉬운 시점에서 理化學的 特性이 多様な 품질변이체의 확보는 時急한 실정이며, 유기된 변이체들 중 일부는 加工 用途에 특수하게 適用될 수 있을 것으로 생각된다. 지금까지 보고된 粉狀質 變異體 유전자는 *flo-1*, *flo-2*, *flo-3*이 있으며 이 중 *flo-1*과 *flo-3*은 각각 V번과 IV번 염색체에 위치한다<sup>7,10)</sup>.

本 研究는 金等<sup>4)</sup>이 유기시킨 心白 및 粉狀質 變異體들의 胚乳 理化學성과 제병 및 알콜발효특성을 조사하여 그 加工的 利用성을 검토하며, 변이계통들간 粉狀質胚乳 관련 유전자의 異·同을 檢定하고, 粉狀質遺傳子가 위치하는 연관군을 구명하고자 수행하였다.

## 材料 및 方法

本 實驗에 供試한 粉狀質 胚乳 및 心白 系統은 金等<sup>4)</sup>이 受精 直後의 穎花에 N-methyl-N-nitrosourea(MNU)를 處理해 誘起시킨 것으로 Japonica인 화청벼에서 由來한 47252(floury), 47336(floury), 47178(chalky) 系統들과 Indica인 IR24에서 由來한 47160(floury), 47106(chalky) 系統等 5系統이다. 이들은 원품종과 동시에 1991年 4月 25日에 播種하여 5月 30日에 1株 3本植으로 移秧하였다. 施肥는 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=12-10-10 kg/10a 으로 하였는데 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 全量 基肥로, N과 K<sub>2</sub>O는 基肥 : 分蘖肥 : 穗肥를 4 : 3 : 3의 比率로 分施하였다. 其他 栽培 管理는 慣行栽培에 따랐다.

作物學的 特性 및 米粒 外形은 稈長, 穗長 및 穗數를 調査하였고 收穫 後 正租收量, 登熟率, 1穗

粒數 및 玄米 1000 粒重과 1ℓ重을 調査하였다. 玄米의 外形은 Vernier Calipers를 利用하여 長·幅·厚를 測定하였다.

種實內 澱粉結晶은 白米를 1mm두께로 切斷하여 胚乳組織內의 澱粉形態를 Scanning Electron Microscope(SEM, ×1000)로 觀察하고, 澱粉粒의 크기는 粒圖分析器(Luzex 450)를 利用하여 測定하였다. 또한 高 等<sup>9)</sup>의 方法으로 玄米의 密度, 玄米의 硬度, 알칼리 崩壞度를 測定하였다. 粗蛋白質 含量은 Micro-Kjeldahl法에 의해 白米와 玄米의 全窒素含量을 分析하고 쌀의 蛋白係數 5.95를 곱하여 蛋白質 含量을 算出하였다. Gel consistency는 계통별로 120mg의 白米가루(60 mesh)에 대해 처리하여 30℃ 恒溫器에 水平으로 놓혀놓고 30分 동안에 흘러간 gel의 길이를 測定하였다. Amylogram은 60mesh 쌀가루 40g에 蒸溜水로 10% 현탁액을 만든 後 Brabender Amylograph를 사용하여 1.5℃/분으로 95℃까지 上昇시키고 10分間 그 溫度를 維持하다 50℃까지 그 溫度를 下降(1.5℃/分)시켜 graph를 얻은 다음 糊化溫度및 粘度等을 算出하였다.

증편의 製造는 白米가루 70g을 蒸溜水를 利用하여 10% 현탁액을 만들어 설탕과 소금, dry yeast, baking powder를 一定量 添加하여 40℃에서 4時間 동안 incubation後 製造하였다. 알콜발효 特性을 調査하기 위해서 酵母는 *Saccharomyces cerevisiae*를 利用하였고, Alcohol 醱酵經過를 알기위해 酵母 接種 後 다음날 부터 醱酵糖도계를 利用하여 24時間 間隔으로 Brix(糖度) 低下過程을 測定하였다. Alcohol 生成量은 醱酵完了液 100ml를 取하여 蒸溜水 50ml와 混合하여 蒸溜시킨 後 그 蒸溜液 100ml를 받아 蒸溜液의 Alcohol 含量을 酒精計로 測定하였으며, 15℃ 基準 v/v%로 알콜含量을 換算하였다.

粉狀質胚乳 關與 遺傳子의 異·同을 檢定하기 위하여 화청벼에서 由來된 粉狀質胚乳系統 47252, 47279, 47336, 58-19, 58-173, 53-41 등 6系統과 IR24에서 由來된 47160系統 間 交配하여 21組合의 F<sub>1</sub> 種子를 얻었다. F<sub>1</sub> 種子의 外觀 胚乳特性을 觀察하여 對立性 與否를 判定하였다.

粉狀質胚乳 關與 遺傳子의 連關分析을 위하여

I, II, III, IV, V, VI, IX 및 XII 番 連 關 群<sup>6)</sup>에 속하는 標 識 遺 傳 子 保 有 系 統 들 과 화 청 벼 에서 由 來 한 粉 狀 質 胚 乳 變 異 系 統 (47252)을 交 配 하 였 고 溫 室 에서 F<sub>2</sub> 種 子 를 얻 었 다. 1992年 兩 親 및 F<sub>2</sub> 를 圃 場 에 展 開 하 여 粉 狀 質 胚 乳 特 性 과 標 識 遺 傳 子 의 分 離 를 調 查 하 였 고, Immer<sup>3)</sup>의 方 法 으 로 組 換 價 를 구 하 였 다.

## 結 果 및 考 察

### 1. 作 物 學 的 特 性 및 米 粒 外 形

種 實 의 크 기 와 1000粒 重 및 1ℓ 重 은 表 1에 서 볼 수 있 듯 이 화 청 벼 에서 誘 起 된 粉 狀 質 變 異 體 들 은 玄 米 의 길 이 · 너 비 · 두 께 가 全 般 의 으 로 작 게 나 타 났 고 단 지 心 白 의 特 性 을 가 진 47178의 길 이 와 너 비 가 原 品 種 인 화 청 벼 와 有 意 差 를 보 이 지 않 았 다. 그 런 데 IR24에 서 는 心 白 의 特 性 을 가 진 47106만 이 原 品 種 에 비 해 너 비 가 작 게 나 타 났 을

뿐 47160(粉 狀 質)의 경 우 에 길 이 · 너 비 · 두 께 에 서 有 意 한 差 異 를 나 타 내 지 않 았 다. 玄 米 의 1000 粒 重 에 있 어 서 는 화 청 벼 가 18.03g인 데 비 해 粉 狀 質 및 心 白 變 異 體 의 경 우 14.07-14.18g으 로 原 品 種 에 비 해 有 意 하 게 낮 게 나 타 났 으 며, IR24의 경 우 에 도 原 品 種 이 19.90g인 데 비 해 그 變 異 體 는 18.15-18.23g으 로 낮 게 나 타 났 다. 또 한 1ℓ 중 에 있 어 서 도 화 청 벼 와 IR24의 粉 狀 質 및 心 白 變 異 體 들 은 原 品 種 에 비 해 모 두 有 意 하 게 낮 게 나 타 났 다.

供 試 된 品 種 의 收 量 構 成 要 素 는 表 2에 서 볼 수 있 듯 이 出 穗 期 는 原 品 種 과 그 들 의 變 異 體 간 에 큰 차 이 가 없 으 나 株 當 穗 數 와 穗 當 粒 數, 登 熟 率 및 收 量 은 차 이 를 보 였 다. 즉, IR24에 서 由 來 한 心 白 系 統 인 47106을 除 外 하 면 變 異 體 들 이 原 品 種 에 비 해 株 當 穗 數 가 적 으 고, 穗 當 粒 數 에 서 는 變 異 體 들 이 原 品 種 인 화 청 벼 와 IR24보 다 높 게 나 타 났 다. 또 한 登 熟 率 에 서 도 화 청 벼 에서 由 來 한 心 白 系 統 인 47178을 除 外 하 면 變 異 體 들 이 原 品 種 에 비

Table 1. Grain characteristics of mutant lines

Variety or line	Length(mm)	Width(mm)	Thickness(mm)	1000-grain weight(g)	Weight /liter(g)
Hwacheong	4.82	2.78	1.97	18.03	833.26
47252(flo) <sup>1)</sup>	4.63	2.67	1.84	14.08	787.42
47336(flo)	4.54	2.64	1.83	14.07	764.41
47178(wc)	4.75	2.78	1.80	14.18	800.37
LSD.05	0.164	0.064	0.070	0.238	19.714
IR24	6.57	2.36	1.73	19.90	780.25
47160(flo)	6.58	2.29	1.70	18.15	748.52
47106(wc)	6.62	2.26	1.70	18.23	754.35
LSD.05	ns	0.071	ns	0.625	7.064

1) flo : flouly endosperm mutant, wc : white core mutant

Table 2. Heading date and grain yield of mutant lines

Variety or line	Heading date	No. of panicles / plant	No. of grains / pani.	Ratio of ripened grain(%)	Rough rice yield(kg /10a)
Hwacheong	Aug. 21	16.6	62.3	86.8	616
47336(flo)	Aug. 22	15.8	70.0	93.7	474
47178(wc)	Aug. 19	14.6	71.4	85.3	456
IR24	Aug. 31	13.4	74.4	78.0	530
47160(flo)	Aug. 31	11.8	94.9	86.3	480
47106(wc)	Aug. 31	13.6	85.1	80.5	467

해 높게 나타났다. 10a當 收量은 粉狀質 및 心白 變異體들이 그들의 原品種에 비해 낮았는데 이는 表 1에서 볼 수 있듯이 주로 1000粒重의 감소에 의한 때문으로 보인다.

## 2. 理化學的 特性

그림 1은 화청벼 및 IR24와 粉狀質 및 心白變異體의 胚乳組織內 澱粉結晶構造를 SEM(×1000)으로 觀察한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 原品種들의 澱粉粒은 稠密하게 擘 차있고 澱粉粒이 規則的이며 多角形인데 비하여 粉狀質 및 心白變異體들은 原品種에 비해 澱粉結晶 組織이 느슨하고 複合澱粉粒의 상태도 성기어 있었으며 複合

澱粉粒子들의 모양 자체도 다소 圓形에 가까운 不規則한 特性을 보였다.

精製된 澱粉粒에 대해 粒圖分析機를 이용하여 그 平均 크기를 조사한 것이 表 3이다. 화청벼의 澱粉粒은 1.83 $\mu\text{m}$ 이었고 그 粉狀質 變異體는 各各 1.74 $\mu\text{m}$ 와 1.77 $\mu\text{m}$ , 心白 變異體는 1.70 $\mu\text{m}$ 로 화청벼의 變異體들에서는 澱粉粒의 크기가 작았다. 반면 IR24의 粉狀質 變異體는 1.72 $\mu\text{m}$ 로 原品種에 비해 컸고 心白 變異體에서는 작았다. 따라서 澱粉粒의 크기에 있어서 두개의 原品種과 그들의 變異體 間에는 同一傾向이 아니었다. 原品種과 變異體들 澱粉粒의 크기별 分布는 追後 檢討할 豫定이다.

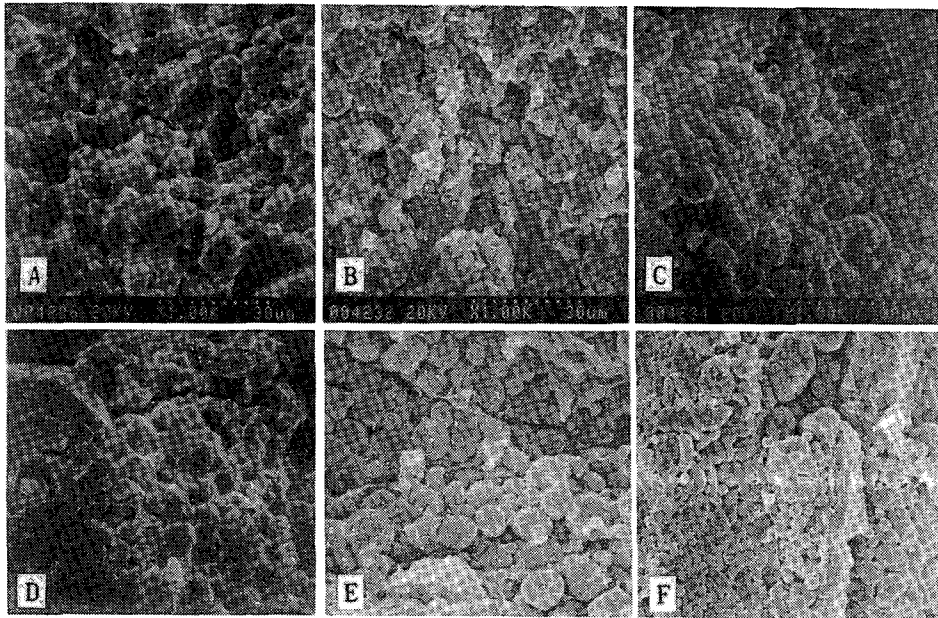


Fig. 1. Starch structure of endosperm exposed by SEM (×1000)  
 A. Hwacheong B. 47252(floury) C. 47178(white core) D. IR24  
 E. 47160(floury) F. 47106(white core)

	Hwacheong	47252(flo)	47336(flo)	47178(wc)	IR24	47160(flo)	47106(wc)
Mean size	1.83	1.74	1.77	1.70	1.65	1.72	1.57
LSD.05	0.09				0.04		

玄米의 硬度와 密度를 測定한 것이 表 4이다. 화청벼는 硬度가 5.99kg /grain인데 비해 그 變異體인 粉狀質의 경우 2.84-2.89kg /grain, 心白의 變異體가 2.94kg /grain로 原品種에 비해 훨씬 낮은 硬度를 보였다. IR24의 경우 硬度가 5.10 kg /grain인데 비해 그 粉狀質 및 心白의 變異體들은 각각 2.52와 3.19kg /grain로 나타나 原品種에 비해 훨씬 낮았다. 絕對密度에서는 原品種들이 1.45-1.47g /cm<sup>3</sup>의 範圍인데 비해 粉狀質 變異體들은 1.35-1.39g /cm<sup>3</sup>, 心白變異體들은 1.40-1.41g /cm<sup>3</sup>으로 有意하게 낮아졌다. 粉狀質 및 心白變異體에서 玄米의 硬度 및 絕對密度가 월등히 낮은 이유는 그림 1의 澱粉結晶構造에서 볼 수 있었듯이 胚乳組織이 느슨하기 때문인 것으로 보인다.

表 5는 供試된 7系統의 아밀로스 含量 및 玄米의 蛋白質 含量을 나타낸 것이다. 아밀로스 含量의 경우 화청벼에서는 19.3% 인데 비해 그 粉狀質 變異體는 각각 17.1%와 16.9%, 心白 變異體는 18.9%로 나타나 화청벼의 變異體들은 전반적으로 아밀로스 含量이 낮았다. 반면 IR24는 아밀로

스 含量이 16.3% 인데 비해 그 粉狀質變異體는 20.1%이었고, 心白變異體는 28.5%로 나타났는데 이 心白變異體는 高 아밀로스 變異體로 생각된다. Yano 等<sup>13)</sup>은 Kinmaze에서 유기된 高아밀로스 變異體들은 모두 心白의 特性을 보였다고 하였는데, 今後 高아밀로스화와 澱粉構造變化와의 관계는 검토되어야 할 것으로 보인다. 玄米의 粗蛋白質 含量에서 화청벼의 경우 9.59%이었고 粉狀質變異體는 原品種과 비슷하였는데, 心白變異體는 8.92%로 原品種에 비해 有意하게 낮았다. IR24에서는 心白變異體(47106)가 11.3%의 높은 粗蛋白質 含量을 보였다.

供試된 7 系統에 대해 Gel consistency와 白米의 알칼리 崩壞도를 나타낸 것이 表 6이다. Gel consistency는 原品種들이 soft의 特性을 나타내는데 비하여 變異體들은 모두 medium의 特性을 보여 주었다. 따라서 原品種에 비해 變異體는 糊化된 쌀 가루의 結着성이 크을 알 수 있었다. 白米의 알칼리 崩壞도는 原品種에 비해 粉狀質 變異體들에서 모두 높았다. 心白變異體에서는 47178은 原品種 화청과 同一하였으나 47106은 原品種

Table 4. Hardness and absolute grain density in brown rice

Variety or line	Hardness(kg /grain)	Absolute grain density(g /cm <sup>3</sup> )
Hwacheong	5.99±0.247	1.45±0.009
47252(flo)	2.84±0.156	1.37±0.012
47336(flo)	2.89±0.217	1.35±0.012
47178(wc)	2.94±0.180	1.41±0.012
LSD.05	0.19	0.08
IR24	5.10±0.253	1.47±0.005
47160(flo)	2.52±0.240	1.39±0.019
47106(wc)	3.19±0.158	1.40±0.005
LSD.05	0.21	0.06

Table 5. Amylose content and brown rice protein

	Hwacheong	47252(flo)	47336(flo)	47178(wc)	IR24	47160(flo)	47106(wc)
Amylose content(%)	19.3	17.1	16.9	18.9	16.3	20.1	28.5
LSD.05	0.61				1.10		
Brown rice <sup>1)</sup> protein(%)	9.59	9.53	9.47	8.92	8.30	8.33	11.32
LSD.05	0.12				0.20		

1) At 10% moisture(%N × 5.95)

Table 6. Gel consistency of rice flours and alkali digestibility value(ADV) of milled rice grain at different KOH solution

Variety or line	Gel-length(mm)	Mean ADV score					
		KOH(%)	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
Hwacheong	79.0		2.0	3.0	5.5	6.5	7.0
47252(flo)	55.5		3.3	4.8	6.3	7.0	7.0
47336(flo)	52.5		3.3	5.0	6.3	7.0	7.0
47178(wc)	52.0		2.0	3.0	5.5	6.5	7.0
LSD.05	7.97						
IR24	64.5		1.7	3.8	5.3	6.5	7.0
47160(flo)	44.0		3.3	4.0	5.3	6.5	7.0
47106(wc)	60.0		4.0	6.3	6.5	6.5	7.0
LSD.05	3.89						

Table 7. Amylogam characteristics of rice flours

Variety or line	Initial pasting temp.(°C)	Maximum viscosity(BU) <sup>1)</sup>	Minimum viscosity(BU)	Final viscosity(BU)	Consistency (BU)	Break down(BU)	Set back(BU)
Hwacheong	67.5	630	545	785	240	155	85
47252(flo)	66.5	120	115	200	85	80	5
47336(flo)	66.0	140	135	235	100	95	5
47178(wc)	68.5	300	265	430	165	130	35
IR24	70.0	540	510	700	190	160	30
47160(flo)	81.5	75	65	90	25	15	10
47106(wc)	70.0	250	220	310	90	60	30

1) Brabender unit

IR24보다 ADV가 훨씬 높게 나타났다. 金<sup>8)</sup>도 高 아밀로스 系統의 ADV가 높은 것을 報告하였는데 아밀로스 含量이 높을 수록 ADV가 높을 것인지는 더 檢討가 要望된다.

表 7은 Amylogram 特性을 나타낸 것이다. 糊化開始 溫度는 IR24의 粉狀質 變異體(47160)를 除外하고는 모두 原品種과 비슷하였다. 最高粘度는 原品種 化청과 IR24가 各各 630BU, 540BU로 높았던 반면 粉狀質 變異體들에서는 75-140BU, 心白變異體에서는 250-300BU로 극히 낮게 나타났다. 最低粘度에서도 原品種과 粉狀質 및 心白變異體들이 큰 差異를 보였고 最終粘度 역시 粉狀質 및 心白變異體들에서 훨씬 낮게 나타났다. 굳음성(最終粘度-最低粘度)은 原品種에 비해 變異體들에서 全般的으로 낮게 나타났다.

### 3. 製餅 및 알콜醱酵 特性

製造된 증편의 모양을 나타낸 것이 그림 2이다. 그림에서 보면 全般的으로 變異體들의 증편 부피가 原品種에 비해서 약간씩 더 늘어났음을 알 수 있다. 表 8은 증편의 물리적 특성을 Instron을 이용하여 조사한 것이다. 증편의 경도는 화청벼의 분상질 및 심백변이체에서 원품종에 비해 월등히 낮게 나타났으나 IR24 변이체의 경우는 원품종과 유사하였다. 쫄깃한 特性을 나타내는 cohesive-ness와 adhesiveness는 變異體들에서 特定 傾向이 없었고, 음식물을 씹어 삼키는데 必要한 에너지의 相對的 量을 나타낼 수 있는 gumminess는 IR24 변이체의 경우는 경향이 없었으나 화청벼 변이체에서는 월등히 낮아졌다. 이 특성들로 볼 때 심백 및 粉狀質 變異體들은 증편조제시 부풀음 성이 다소 커서 유리할 것으로 보이며, 화청벼의

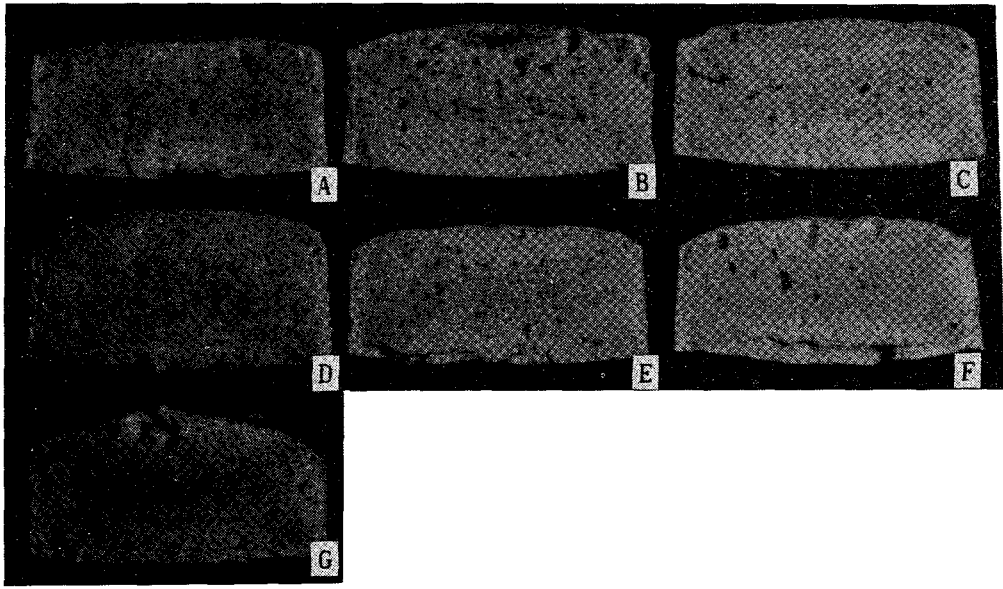


Fig. 2. Steamed rice-cake features made from 9 rice lines

A. Hwacheong    B. 47252(floury)    C. 47336(floury)    D. 47178(white core)  
 E. IR 24    F. 47160(floury)    G. 47106(white core)

Table 8. Texture parameters of steamed rice-cake

Variety or line	Hardness <sup>1)</sup>	Cohesiveness <sup>2)</sup>	Adhesiveness <sup>3)</sup>	Gumminess <sup>4)</sup>
Hwacheong	1.029	0.351	12.50	0.361
47252(fol)	0.400	0.387	9.00	0.155
47336(fol)	0.420	0.414	17.50	0.174
47178(wc)	0.695	0.416	16.00	0.289
IR24	1.365	0.436	20.50	0.595
47160(fol)	1.410	0.369	16.50	0.521
47106(wc)	1.520	0.462	23.50	0.702

1) Hardness : Arbitrary Instron Units

2) Cohesiveness : Area of second bite peak /area of first bite peak

3) Adhesiveness : The negative force area for the first bite

4) Gumminess : Hardness × Cohesiveness

분상질 및 심백변이의 경우 그 조직감도 부드러워 제병용으로 이용가치가 있을 것으로 판단되는데, 금후 대량으로 검토할 필요가 있겠다.

알콜醱酵 特性을 알아보기 위해 酵母 接種 後 다음날 부터 굴질당도계를 利用하여 24時間 間隔으로 糖度 低下過程을 測定하였고, 알콜生成量은 醱酵 10日 後의 醱酵完了液을 蒸溜시켜 蒸溜液의 알콜含量을 酒精計로 測定하였으며 15℃ 基準

v/v %로 알콜含量을 計算하였다(表 9). 表에서 보는 바와 같이 原品種들에 비해 變異體들의 糖度 低下가 빨리 일어남을 알 수 있었으며, 화청벼의 경우 醱酵 10日 後의 糖도가 Brix 6.8°인데 비해 粉狀質 胚乳特性을 가진 47252와 47336은 各各 Brix 2.7°과 Brix 4.8°로 나타나 酵母에 의한 糖의 消費가 顯著함을 알 수 있었다. IR24의 경우에는 醱酵 10日 後의 糖도가 Brix 9.0°인데 비해 粉狀質

Table 9. Fermentation progress and amount of alcohol production

Ferment. prog. (day)	Hwacheong	47252(flo)	47336(flo)	47178(wc)	IR24	47160(flo)	47106(wc)
1	18.3 <sup>1)</sup>	14.9	15.0	17.5	17.2	16.4	16.3
2	17.4	13.6	14.0	16.2	16.8	16.1	15.0
3	17.0	13.8	13.6	15.5	16.5	15.6	14.5
4	16.5	12.5	12.5	14.0	15.7	14.8	13.9
5	16.0	11.9	11.9	12.9	15.0	14.1	13.2
6	14.9	11.1	11.1	12.0	14.2	13.5	12.9
7	13.8	9.0	8.8	9.5	12.2	11.7	10.8
8	12.0	6.5	5.7	6.2	10.7	9.0	8.3
10	6.8	2.7	4.8	5.5	9.0	4.9	6.4
Alc. product. (v/v%)	6.9	8.9	7.6	7.3	5.6	7.2	6.3

1) Brix measurement by RI meter

變異體는 Brix 4.9°, 心白 變異體는 Brix 6.3°로 나타나 原品種에 비해 變異體들에서 糖度 低下가 많았음을 알 수 있었다. 또한 醱酵 10日 後 알콜生成量에 있어서도 醱청벼는 6.9%인데 비해 그것의 粉狀質 變異體인 47252와 47336은 各各 8.9%와 7.6%로 높게 나타났고, 心白 變異體는 7.3%의 알콜生成을 나타냈다. IR24는 5.6%의 알콜生成량을 나타냈고 그것의 粉狀質 變異體인 47160은 7.2%, 心白 變異體는 6.3%의 비교적 높은 알콜生成량을 나타내었다. 이는 粉狀質과 心白變異體에서는 全분결정조직이 성글어 酵母에 의한 糖의 分解 效率이 높았던 때문인 것으로 보인다. 특히 분상질 배유 번이체들은 원품종에 비해 알콜발효 속도가 빠르고 최종 알콜 생성량도 많아서 醱造米로서의 이용성이 크게 기대된다. 현재 醱造米로는 大粒의 心腹白米가 주로 이용되는데<sup>2)</sup>, 粉狀質米은 米粒 전체가 心腹白이므로 醱造效率이 높을 것 은 당연하다 하겠다.

#### 4. 粉狀質 胚乳 關與 遺傳子의 對立性 및 連關 分析

##### (1) 對立性檢定

MNU 處理로 誘起된 粉狀質變異體들은 모두 劣性突然變異에 의한 것이었다.<sup>2)</sup> 이들 間의 對立性을 檢定하기 위하여 醱청벼에서 誘起된 粉狀質 變異體 系統 47252, 47279, 47336, 58-19, 58-173, 53-41과 IR24에서 誘起된 粉狀質 變異體 系統인 47160 間에 21組合을 交配하였다. 關與 遺傳子가 劣性이므로 交配種子(F<sub>1</sub>)가 粉狀質이

Table 10. Appearance of F<sub>1</sub> seeds crossed among seven floury mutants

Female	Male	Floury endosperm mutants						
	47160	47252	47279	47336	58-19	58-173	53-41	
47160		+	+	+	+	+	+	
47252			f	f	f	f	+	
47279				f	f	f	+	
47336					f	f	+	
58-19						f	+	
58-173							+	
Results		flo-b	flo-a	flo	flo	flo	flo-c	

Note : +=Normal, f=floury

면 兩親은 동일 遺傳子를 가진 것이고, 正常胚乳 이면 다른 遺傳子를 가진 것이 된다.

그 結果가 表 10인데 粉狀質系統 47252, 47279, 47336, 58-19, 58-173은 同一한 遺傳子를 保有하는 것으로 나타났고, 47160과 53-41 系統은 각각 서로 다른 遺傳子를 가진 것으로 判定되었다. 그 들을 각각 flo-a, flo-b, flo-c로 表示하였다.

Satoh와 Omura<sup>12)</sup>는 形質別로 突然變異率에 差異가 있는 것은 特定 locus별로 突然變異率에 차이가 있는 것이 아니고, 各 形質에 關여되는 遺傳子 數에 差異가 있기 때문이라고 보고한 바 있으며, 金 等<sup>4)</sup>은 變異體들의 遺傳子를 同定하고 形質別 變異 頻度와 關여 遺傳子 數를 相互 比較한 후 에 그것을 판단해야 할 것으로 보고한 바 있다. MNU처리시 突然變異가 가장 많이 誘發되는 형질은 心白이고 그 다음이 粉狀質 胚乳인데<sup>4,11)</sup>, 本 對立性 檢定の 結果로 보면 flo-a는 mutable lo-



cus이며, 形質別 突然變異 빈도 차이는 특정 locus別로 突然變異率에 차이가 있기 때문인 것으로 판단된다.

(2) 粉狀質胚乳 遺傳子의 連關分析

對立性 檢定結果 *flo-a*는 여러 粉狀質 突然變異 系統이 共有하는 遺傳子이어서 *flo-a* 保有系統(47252)과 連關群 檢定親들을 交配한 F<sub>2</sub>에서 連關分析을 시도하였다.

連關群 檢定親들과 粉狀質胚乳 系統(47252) 間 交雜 F<sub>2</sub>에서 各 連關群別 標識因子들의 分離比를

檢定한 結果 모두 既 報告<sup>6)</sup>와 같이 單純遺傳分離比를 보였고, 粉狀質胚乳 特性의 分離도 各 조합에서 모두 正常胚乳:粉狀質胚乳 個體들이 3:1의 分離比를 보여 粉狀質 胚乳 特性이 單純 열성 遺傳子(*flo-a*)에 의해 支配됨<sup>4)</sup>을 확인할 수 있었다.

粉狀質胚乳 遺傳子(*flo-a*)와 8개의 連關群에 속하는 16개의 標識因子들 間의 獨立性을 檢定한 結果가 表 11이다. 表에서 볼 수있듯이 粉狀質 胚乳 遺傳子는 IV番 連關群의 *lg*를 除外한 I, II,

Table 11. Assorted segregation pattern of floury and marker genes in the F<sub>2</sub> populations of the crosses between linkage testers and floury mutant line of Hwacheongbyeo

Corss combination	Linkage group	Assorted segregation pattern				Total	$\chi^2$ (9:3:3:1)	P
HP3708 / 47252( <i>flo-a</i> )	I	++	+flo	eg+	eg · flo	268	5.380	0.25-0.10
		149	58	39	22			
HP3625 / 47252( <i>flo-a</i> )	II	++	+flo	tri+	tri · flo	326	4.132	0.25-0.10
		199	52	60	15			
HP3625 / 47252( <i>flo-a</i> )	II	++	+flo	bl-1+	bl-1 · flo	326	4.329	0.25-0.10
		188	51	71	16			
HP3244 / 47252( <i>flo-a</i> )	III	++	+flo	chl-1+	chl-1 · flo	331	5.698	0.25-0.10
		167	74	71	19			
HP3304 / 47252( <i>flo-a</i> )	III	++	+flo	dl+	dl · flo	1192	2.377	0.50-0.25
		679	210	236	67			
HP3304 / 47252( <i>flo-a</i> )	III	++	+flo	fc+	fc · flo	331	0.349	0.97-0.95
		185	60	63	23			
HP3244 / 47252( <i>flo-a</i> )	III	++	+flo	spl-3+	spl-3 · flo	333	2.476	0.50-0.25
		193	66	57	15			
HP3625 / 47252( <i>flo-a</i> )	IV	++	+flo	lg+	lg · flo	326	65.996	p<0.05
		185	67	74	0			
HP3304 / 47252( <i>flo-a</i> )	IV	++	+flo	lg+	lg · flo	1192	107.719	p<0.05
		625	276	290	1			
HP3304 / 47252( <i>flo-a</i> )	V	++	+flo	gl-1+	gl-1 · flo	1192	2.568	0.50-0.25
		693	212	222	65			
HP3304 / 47252( <i>flo-a</i> )	V	++	+flo	d-1+	d-1 · flo	1192	2.717	0.50-0.25
		689	214	226	63			
HP3625 / 47252( <i>flo-a</i> )	VI	++	+flo	g-1+	g-1 · flo	326	3.707	0.50-0.25
		197	49	62	18			
HP3623 / 47252( <i>flo-a</i> )	VI	++	+flo	g-1+	g-1 · flo	429	5.188	0.25-0.10
		234	71	88	36			
HP3329 / 47252( <i>flo-a</i> )	IX	Dn · +	Dn · flo	++	+flo	230	3.275	0.50-0.25
		117	52	45	16			
HP3329 / 47252( <i>flo-a</i> )	IX	++	+flo	dp-2+	dp-2 · flo	230	2.843	0.50-0.25
		119	52	43	16			
HP3623 / 47252( <i>flo-a</i> )	XII	++	+flo	nal-3+	nal-3 · flo	429	2.304	0.75-0.50
		240	87	82	20			
HP3623 / 47252( <i>flo-a</i> )	XII	++	+flo	spl-1+	spl-1 · flo	429	0.710	0.90-0.75
		243	84	80	23			

Table 12. Linkage relationship between liguleless(*lg*) and *flo-a* gene in linkage group IV.

Cross combination	Linkage group	Segregation mode				Total	$\chi^2$ (9:3:3:1)	R.V (%)	Linkage phase
		++	+flo	lg+	lg·flo				
HP3625 / 47252( <i>flo-a</i> )	IV	185	67	74	0	326			
HP3304 / 47252( <i>flo-a</i> )	IV	625	276	290	1	1192			
Total		810	343	364	1	1518	129.248	5.76 ±1.72	Repul.

Ⅲ, V, Ⅵ, Ⅸ 및 Ⅺ 番 連關群에 속하는 標識因子들과는 서로 獨立的인 關係에 있었다. IV번 連關群의 *lg* 유전자와 조환가를 구한것이 表 12인데 *flo-a* 유전자는 *lg* 유전자와 조환가  $5.76 \pm 1.72\%$  (相反)로 연관되어 있었다.

### 摘 要

本 研究은 화청벼와 IR24의 突然變異 系統인 粉狀質 및 心白 變異體의 作物學的 및 理化學的 特性과 제병 및 알콜발효특성을 조사하여 그 加工의 利用性을 檢討하고, 粉狀質胚乳 遺傳子의 遺傳分離와 標識因子들과의 連關 關係를 밝히고자 遂行하였으며 그 結果는 다음과 같다.

1. 突然變異體의 種實은 原品種에 비해 작았으며, 千粒重과 10重도 全般的으로 가벼운 것으로 나타났다.
2. 變異體들의 出穗期는 原品種과 같았으며, 正租收量은 原品種에 비해 낮았다.
3. 粉狀質 胚乳의 澱粉粒은 느슨한 結晶構造를 갖고 있었고, 澱粉粒의 크기는 原品種 과 變異體들간에 同一傾向이 아니었으며, 原品種에 비해 變異體들은 密度와 硬度가 낮았다.
4. 變異體들의 아밀로스 含量은 16.9~28.5%로 變異幅이 크게 나타났고, 玄米의 粗蛋白 含量에서 화청벼의 粉狀質變異體들은 原品種과 같으나 IR24의 心白變異體인 47106은 原品種(8.30%)에 비해 11.32%로 높게 나타났다.
5. Gel consistency는 原品種들이 soft의 特性을 보였으나 粉質 및 心白의 變異體에서는 모두 medium의 特性을 보였고, 白米의 알칼리崩壞度

는 原品種에 비해 粉狀質 變異體들에서 높게 나타났다.

6. Amylogram에 의한 糊化開始 溫度는 IR24의 粉狀質變異體(47160)를 除外하고 모두 原品種과 비슷하였으나, 最高粘度와 最低粘度 및 균음성은 原品種 화청벼와 IR24에 비해 變異體에서 월등히 낮게 나타났다.

7. Instron으로 測定된 증편의 硬度和 gumminess로 볼때 화청벼 粉狀質 및 心白變異體로 조제된 증편은 다소 부드러운 特性을 나타냈으나, IR24의 경우는 일정 경향이 없었다. 粉狀質米과 心白米의 증편부피는 原品種에 비해 대체로 크게 나타났다.

8. 알콜醱酵 過程中 糖度 低下는 變異體들 특히 粉狀質에서 빨리 일어났고, 醱酵 10日 後의 알콜生成量도 原品種에 비해 變異體들에서 높게 나타나서 분상질미는 釀造用으로서의 利用성이 크게 기대되었다.

9. 화청벼와 IR24에서 由來한 粉狀質 胚乳變異體들의 對立性 檢定結果 서로 다른 3個의 遺傳子座를 探索하였으며, 그 遺傳子들을 各各 *flo-a*, *flo-b*, *flo-c*로 表示하였다.

10. *flo-a* 遺傳子는 IV番 連關群의 *lg*(liguleless; 無葉舌)遺傳子와  $5.76 \pm 1.72\%$ (相反)로 연관되어 있었다.

### 引用文獻

1. Ikeno, S. 1914. Über die Bestäubung und die Bastardierung von Ries. Zeit. Pflanzenzucht. 2 : 495-503.

2. 許文會, 朴淳直. 1990. 쌀 用途 多樣化 育種 戰略. 國際競爭力 向上과 消費者 嗜好에 맞는 쌀 品質 高級化 및 多樣化 심포지움. 수입개 방대책 45, 농촌진흥청 작물시험장 pp. 41-58.
3. Immer, F. R. 1929. Formulae and tables for calculating linkage intensities. *Genetics* 15 : 81-98.
4. 金光鎬. 許文會. 朴淳直. 高熙宗. 1991. 새로운 米粒質 突然變異 創出. 韓作誌 36(3) : 197-203.
5. Kim, K. H., S. Z. Park, H. J. Koh and M. H. Heu. 1992. New mutants for endosperm and embryo characters in rice : Two dull endosperms and a giant embryo. Proceed. of SABRAO Intern. Symp. on The Impact of Biological Research on Agric. Productivity. pp. 125-131.
6. Kinoshita, T. 1991. Report of the committee on gene symbolization, nomenclature and linkage groups. *Rice Genetic Newsletter* 8 : 2-37.
7. Kinoshita, T. and M. Takahashi. 1991. The one hundredth report of genetical studies on rice plant. *J. Fac. Agr. Hokkaido Univ.* 65(1) : 1-61.
8. 金容權. 1988. 벼 品種 'Pokhareli Mashino'에서 由來된 Opaque形質의 理化學的 特性과 遺傳. 서울大 博士學位 論文.
9. Koh, H. J., M. H. Heu and C. M. Jiang. 1992. Varietal variations in absolute density of rice grain and its relations with other grain characters. *Korean J. Crop Sci.* 37(3) : 244-249.
10. Maekawa, M. 1985. Location of a floury endosperm gene in the second linkage group. *Rice Genetic Newsletter* 2 : 57-58.
11. 大村 武, 佐藤 光. 1980. 米의 成分育種可能性. 育種學最近의 進歩 22 : 10-19.
12. Satoh, H. and T. Omura. 1981. New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice, *Oriza sativa* L. *Japan J. Breed.* 31(3) : 316-326.
13. Yano, M., K. Okuno, J. Kawakami, H. Satoh and T. Omura. 1985. High amylose mutants of rice, *Oryza sativa* L. *Theor. Appl. Genet.* 69 : 253-257.