

쌀 胚乳澱粉構造 및 物理的 特性的 品種 變異*

姜美伶** · 崔海椿***

Varietal Variation in Structure and Physical Characteristics of Rice Endosperm Starch

Mi Young Kang** and Hae Chune Choi***

ABSTRACT : Varietal difference in structural and physical characteristics of rice starch and interrelationships between these starch properties and the physicochemical components of rice grains were investigated for twenty four rice varieties, which were considerably different in amylose content, gelatinization temperature and gel consistency, to obtain the basic informations for diversifying the utility of rice grains and for developing various rice cultivars adaptable to rice food processing.

Wave length of maximum absorbance for blue color reaction of starch-I₂ complex was 520nm for glutinous rice and 560~600nm for nonglutinous rice. The higher amylose rice showed the longer wave length but there was considerable difference of the wave length among rice materials with similar amylose content. Varietal difference in frequency distribution of debranched starch molecules by isoamylase hydrolysis was largest in amylose fraction, the longest fraction(Fr. I), and was next bigger in intermediate fraction(Int.Fr.) and the ratio between short and long glucose chain of amylopectin fraction(Fr. III /Fr. II). The Fr. III /Fr. II ratio was higher in glutinous rice than in nonglutinous one but it was considerably different among nonglutinous rice varieties without any connection with amylose content.

The lower alkali digestible rice showed the longer half-hydrolysis time in acid solution. Both soft and hard gel rice varieties in gel consistency test revealed significant varietal difference of 50% acid hydrolysis time. The harder rice in gel consistency exhibited the less frequency of short branch fraction of amylopectin(Fr. III) and the higher amylose content.

Twenty four rice varieties were clearly classified by upper two principal components contracted from structural or physical traits of rice starch and some physicochemical properties of rice grain by principal component analysis. The 1st and 2nd principal components can be characterized to components related with amylose and amylopectin structure respectively.

Key word : Rice, Grain quality, Starch structure, Amylose, Amylopectin, Acid hydrolysis.

* 이 論文은 1991年 農村振興廳 特定研究課題로 遂行된 結果의 一部임.

** 慶北大學校 師範大學(Teachers College, Kyungpook National Univ., Taegu 702-701, Korea)

*** 作物試驗場(Crop Experiment Station, R.D.A. Suwon 441-100, Korea)

〈'93. 12. 15 接受〉

緒 言

최근 우리의 생활수준이 급격히 향상되면서 식생활 패턴이 高級化, 多樣化 및 서구화 되는 경향 때문에 주식인 쌀에 대한 依存度가 낮아져서 소비 감소에 따른 생산과잉의 상태에 직면해 있어, 쌀을 이용한 傳統食品의 제품화 또는 신제품의 개발 등으로 쌀의 다각적인 활용과 소비촉진이 절실히 요청되고 있는 실정이다. 지금까지 쌀에 대한 연구는 주로 생산량의 증대에 치중하여 왔으며, 쌀의 食味 向上이나 加工適性開發과 관련된 연구는 매우 미흡한 상태이다.

쌀은 건조중량의 90%가 澱粉으로 구성되어 있으며, 澱粉은 아밀로펙틴(amylopectin)과 아밀로스(amylose)라는 다당류로 형성되어 있다¹⁾. 아밀로스는 글루코오스(glucose)가 α -1,4 組合으로 이루어진 환상중합체(helical polymer)의 구조를 이루고 있는 반면, 아밀로펙틴은 α -1,4 結合으로 이루어진 글루코오스쇄에 α -1,6 결합으로 가지친 모양으로 연결되어 있는 구조를 이루고 있다²⁾. 또한 아밀로스도 소수의 가지로 형성되어진 것도 있다고 알려져 있으며^{3~6)} 아밀로펙틴의 微細構造는 품

종이나 登熟환경에 따라 상당한 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다^{7,8)}.

쌀 가공식품 개발을 위한 연구들은 쌀 전분이 가지는 고유의 특성을 최대한으로 살리는 방향으로 추진되어야 하겠으나, 쌀 가공식품의 다양화를 위해서는 쌀의 理化學的 성분 變異에 의한 식품학적 機能性變異 확대를 도모하여야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 다양한 배유형태 및 이화학적 성분을 가진 기존의 벼 유전자원들의 澱粉構造 및 物性에 대한 품종적 변이를 다각적인 방법으로 분석 검토함으로써 용도별 加工適性 育種을 위한 基礎情報을 얻고자 하였다.

材料 및 方法

供試材料는 표 1에 나타내는 바와 같이 아밀로스 함량 및 호화특성에 差異를 보이는 24品種의 쌀을 시료로서 사용하였다.

쌀 澱粉은 Asaoka⁹⁾ 등의 방법에 따라 다음과 같이 調製하였다. 쌀가루를 50mM LiOH 용액처리를 반복하면서 단백질 등 불순물을 제거하였고(모

Table 1. Classification of rice materials by amylose content, alkali digestion value and gel consistency

Amylose	Gelatinization temperature	Gel consistency	Corresponding variety
O(Waxy) L (<20%)	L-M	VL	Hangangchalbyeo, Shinseonchalbyeo
	L	VL-L	Yonjubyeo, Jungweonbyeo
	M	VL-L	Odaebyeo, Chucheng
	H	VL-L	IRAT 177, Dobongbyeo
M (21-25%)	L	VL-L	Chucheongbyeo, IR841-76-1
	L	H	Suweon 230
	M	VL-L	AC 27
	H	M	IR41999-139-1-1-2-3
H (26%<)	L	VL	IR31432-6-2-1-3
	L	M	Suweonjo, Chokoto
	L	H	IR 44
	M	L	San Li Cun
	M	M	Chickudu
	M	H	Suweon 232
	H	VL-L	Hanyangjo
	H	M	Pusa-33-30

[Note] Gelatinization temperature : L : Alkali digestion value (ADV) 6-7, M : ADV 4-5, H : ADV 1-3, Gel consistency : VL : 81-100mm, L : 61-80mm, M : 41-60mm, H : 21-40mm

든 조작을 5°C이하에서 시행), 계속해서 에칠알콜, 에테일에 의한 脫脂, 脫水 처리 후 실온에서 건조시켰다. 충분히 건조된 전분을 150mesh 에 통과시킨 후 전분분말 시료로써 사용하였다.

澱粉의 요-드 褐色반응은 전분시료를 1N NaOH 에 의해서 알칼리 糊化시킨 후 醋酸으로 중화시켜, 전분 1mg당 0.2ml의 1% I₂~10% KI溶液을 첨가하여 褐色반응 시킨 후, 분광광도계에 의해서 500 nm~700nm까지의 흡수곡선을 기록하였다¹⁰⁾.

澱粉분자의 글루코오스鎖長(chain length)분포 비교는 전분시료 10mg을 1N NaOH에 의해서 알칼리 호화 시킨 후 isoamylase 250 unit 첨가하여 40°C에서 24시간 동안 반응시킴으로써 전분분자의 글루코오스 α-1,6 결합을 가수분해시킨 다음 실시하였다. 여기서 isoamylase 1 unit는 1% 가용성 찹쌀전분 0.5ml, 0.5M 醋酸 緩衝液(pH 3.5) 0.1 ml, 효소액 0.1ml의 혼합액을 40°C에서 1시간 반응시킨 용액으로써 요-드 褐色反應時 610nm 에서의 흡광도를 0.1 증가시키는 효소량이고¹¹⁾ 본 실험에 사용한 조건에 의하면 찹옥수수 전분의 α-1,6 글루코오스鎖는 거의 100% 가수분해되는 조건이며¹²⁾ 쌀⁹⁾, 보리¹³⁾, 울무¹⁰⁾, 고구마, 바나나¹⁴⁾, 옥수수¹⁵⁾ 등 다양한 전분분자의 글루코오스쇄장분포의 비교에 널리 이용되었던 방법이다. 이렇게 isoamylase에 의해서 α-1,6 결합을 가수분해시킨 전분용액에 에칠알콜을 첨가하여 감압건조시킨다. 건조된 시료를 일정량의 알칼리 용액에 용해시켜 Sephadex G-75 column chromatography를 행한다. 용출용매는 0.2% NaCl-0.05N NaOH 를 이용하여 2ml씩 분획하였다. 1N HCl 로써 중화시킨 각 분획의 全糖함량은 phenol-H₂SO₄법¹⁶⁾으로 측정하였으며, 還元末端殘基의 數는 Park-Johnson 법을 개량한 Hizukuri¹⁶⁾의 방법에 의하여 측정하였다. 平均쇄장(CL)은 全糖함량/還元末端殘基數로서 산출하였다. Chromatography 후의 각 분획은 분자량이 큰 것부터 Fr.I, II, III, Fr.I과 Fr. II 사이를 중간분획(Int. Fr.)이라 하였으며, 각 분획에 들어있는 전분분자와 I₂ 와의 褐色反應 결과 나타내는 최대흡수파장(λ_{max})에 의해서 분류되는 Ikawa 등^{11,17,1)}의 방법에 따라서 Fr.I; λ_{max} > 620 nm, 중간분획(Int Fr.): 620nm > λ_{max} > 600nm,

Fr. II ; 600nm > λ_{max} > 540nm, Fr. III ; 540nm > λ_{max} 등으로 구분하였다.

澱粉分子的 酸에 의한 가수분해도 비교는 전분 시료 100mg을 15% H₂SO₄에 침지시켜 150rpm으로 교반하면서 37°C에서 일정시간 가수분해시킨 후 상등액에 함유된 全糖 함량을 구하고 이로부터 가수분해율을 계산하였다.

結果 및 考察

1. 품종별 쌀 胚乳전분의 요-드 褐色반응

쌀 품종별 전분-I₂ 복합체의 흡수 스펙트럼(500 nm~700nm)을 그림 1에 나타내었고, 표 2에는 각 흡수곡선의 최대흡수파장(λ_{max})과 요-드 褐色度(blue value)를 나타내었다. λ_{max}의 값은 전분을 구성하고 있는 분자와 I₂ 와의 복합체에 의해서 형성되는 값이므로, 글루코오스의 α-1,4 글루코오스鎖의 길이가 긴 성분이 많을수록 高波長쪽에 λ_{max}가 존재하게 된다고 볼 수 있겠다. 그러므로 아밀로스 성분을 가지고 있지 않은 신선찰벼(No.1)과 한강찰벼(No.2)의 λ_{max}는 다른 품종들에 비해서 상당히 低波長쪽에 위치하고 있으며, 高amylose 품종인 한양조(No.23), 수원 232(No.22), Pusa 33-30(No.19) 등은 λ_{max}가 600nm이상인 高波長쪽에 위치하고 있다. 한편 요-드 褐色도로 표시되는 620nm에서의 흡수강도는 전분의 아밀로스함량을

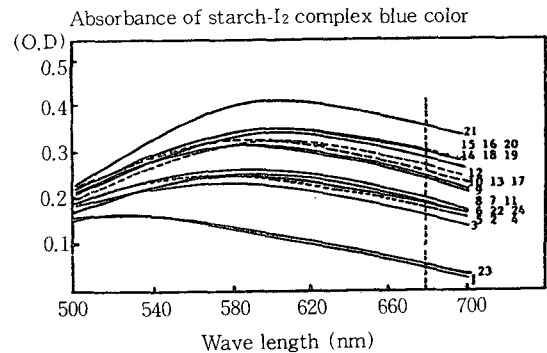


Fig. 1 Varietal difference in blue color spectrum of starch-I₂ complex along with wave length of colorimeter. Refer to the variety name with No. in Table 6.

Table 2. Varietal difference in wave length of maximum absorbance and blue value by colorimetric measurement for starch-I₂ complex blue color

No.	Variety	Wave length of maximum absorbance(λ_{max})		Blue value (620nm)
		Wave length	Absorbance	
1	Hangangchalbyeo	522	0.170	0.0561
2	Chucheng	582	0.241	0.196
3	IRAT 177	573	0.225	0.173
4	Jungweonbyeo	563	0.246	0.187
5	Yongjubyeo	581	0.248	0.194
6	Odaebyeo	584	0.257	0.206
7	IR841-76-1	582	0.260	0.207
8	Hwaseongbyeo	585	0.263	0.220
9	Chucheongbyeo	582	0.267	0.215
10	IR41999-139-1-1-2-3	584	0.308	0.261
11	Suweon 230	591	0.255	0.223
12	AC 27	586	0.323	0.284
13	San Li Cun	586	0.320	0.282
14	Chokoto	595	0.340	0.312
15	Suweonjo	599	0.348	0.329
16	Pusa-33-30	600	0.350	0.317
17	IR 44	597	0.311	0.285
18	Chickudu	595	0.339	0.317
19	Suweon 232	600	0.345	0.326
20	Hanyangjo	603	0.351	0.326
21	IR31432-6-2-1-3	599	0.402	0.376
22	Suweon 391	570	0.259	0.213
23	Shinseonchalbyeo	527	0.164	0.0517
24	Dobongbyeo	556	0.250	0.174

Blue value : Absorbance of starch-I₂ complex blue color at 620nm wave length.

측정하는 방법으로서 널리 이용되고 있으며, 이 방법도 전분분자가 요드 분자와 복합체를 형성하는 성질을 이용하는 것이다. 그러므로 흡수강도가 크다는 것은 전분중의 直鎖成分이 많다는 것을 시사하는 것으로서 아밀로스 함량이 높다거나 아밀로펙틴을 구성하는 글루코오스鎖長이 긴것이 많다는 것을 뜻하게 된다. 이러한 방법에 의해서 측정되어진 아밀로스 함량은 아밀로스의鎖長이 짧은 경우에는 낮게 나타나는 반면, 아밀로펙틴 유래의鎖長이 긴것이 많으면 높게 측정되어진다¹⁹⁻²¹⁾. 그러므로 엄밀한 의미에서는 정확한 아밀로스 함량이라 할 수 없으나 비교적 간편하게 측정할 수 있으므로 널리 이용되고 있는 것이다. 본 연구에 사용한 시

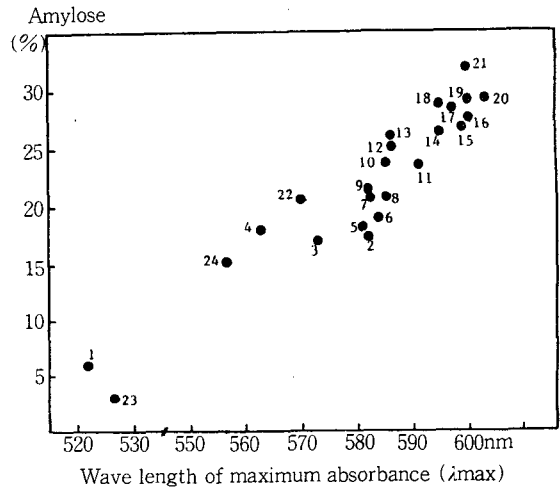


Fig. 2. Interrelationship between amylose content and wave length of maximum absorbance of starch-I₂ complex blue color. Refer to the variety number in Table 6.

료 24품종의 아밀로스 함량과 澱粉-요드 褐色反應의 최대흡수파장과의 관계를 살펴보면 그림 2와 같다. 즉 아밀로스 함량이 같은 수준이라 하더라도 최대흡수파장은 다름을 알 수 있어, 아밀로스 함량은 같다 하더라도 품종에 따라 아밀로스의鎖長이 다르다는 것을 시사하는 것이라 하겠다. 전분질 식품의 조리 및 가공특성에 있어서 이들 아밀로오스 함량 및鎖長의 차이에 기인하는 바가 크리라는 점을 감안할 때, 보다 深度있는 연구가 필요하다고 생각되어 진다.

2. 벼 품종별 澱粉分子의 글루코오스鎖長(chain length)분포 비교

전분분자의 글루코오스 α -1,6결합을 isoamylase에 의해서 가수분해시킨 후 글루코오스 α -1,4결합만으로 이루어진 直鎖成分들의 Sephadex G-75 column chromatography에 의해서 품종별 전분분자의鎖長분포를 비교하였다. 그림 3에는 24품종 중 신선찰벼와 Chucheng, IR41999-139-1-2-3, Pusa-33-30 및 水原粗의 chromatogram만을 나타내었고, 24품종 모두의 chromatogram을 整理하여 표 3에 나타내었다. Fr. I은 void volume 으로 용출되는 분획이며, 요드 褐色反應의 최대흡수파

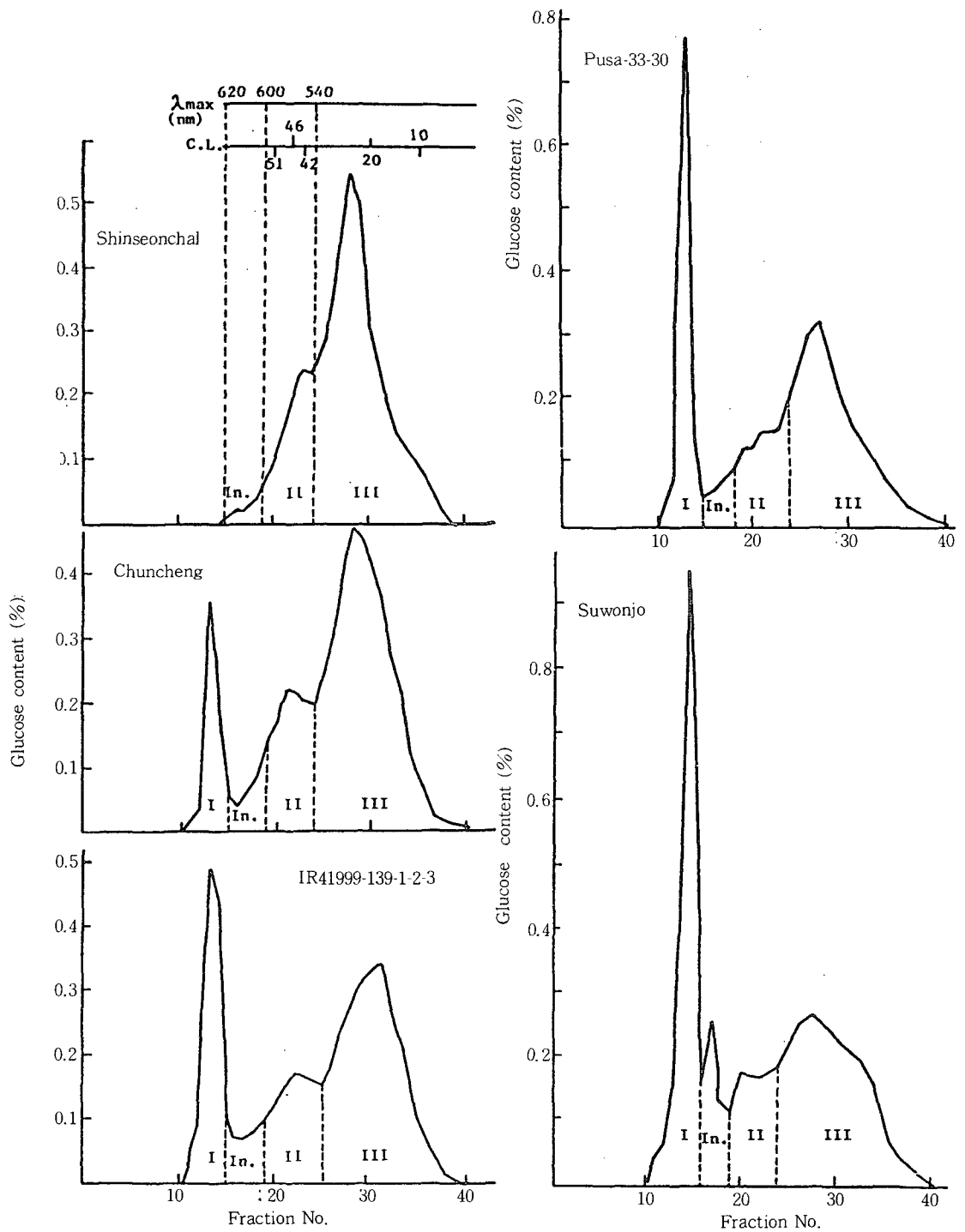


Fig. 3. Comparison of distribution mode for glucose chain length of debranched starch molecules by isoamylase among one glutinous rice variety, Shinseonchalbyeo and four nonglutinous rice varieties, Chuncheng, IR41999-139-1-2-3, Pusa-33-30 and Suwonjo.

Table 3. Varietal difference in amylose content and frequency distribution of debranched starch molecules along with glucose chain length, hydrolyzed by isoamylase

Variety	Amylose content (%)	Distribution of glucose chain length (%)				Fr. III /Fr. II ratio
		Fr. I	Int.Fr.	Fr. II	Fr. III	
Hangangchalbyeo	0.0	3.19	5.13	18.7	73.0	3.9
Chucheng	16.9	11.3	5.93	18.6	64.1	3.5
IRAT 177	17.0	11.4	2.70	21.0	64.0	3.0
Jungweonbyeo	17.8	16.0	7.48	20.2	56.4	2.8
Yongjubyeo	18.0	16.1	5.8	27.1	51.0	1.9
Odaebyeo	19.0	12.3	6.51	20.2	61.9	3.0
IR841-76-1	20.6	17.1	4.39	23.6	54.8	2.3
Hwaseongbyeo	20.9	18.9	5.41	18.3	57.4	3.1
Chucheongbyeo	21.2	16.9	4.45	16.4	62.3	3.8
IR41999-139-1-1-2-3	23.7	22.6	6.30	18.7	52.4	2.8
Suweon 230	23.7	18.4	4.77	14.5	62.4	4.3
AC 27	25.2	20.7	5.85	20.3	53.2	2.6
San Li Cun	26.2	20.7	7.40	15.9	56.0	3.5
Chokoto	26.7	21.4	8.30	18.3	52.0	2.8
Suweonjo	27.1	35.0	8.29	14.7	42.0	2.9
Pusa-33-30	27.8	24.5	4.27	15.1	56.2	3.7
IR 44	28.4	29.2	4.08	14.7	44.2	3.5
Chickudu	28.5	20.8	3.58	20.4	55.3	2.7
Suweon 232	29.2	21.8	7.37	24.1	46.7	1.9
Hanyangjo	29.5	26.1	4.94	12.5	56.5	4.5
IR31432-6-2-1-3	32.1	36.1	8.43	15.8	39.7	2.5
Suweon 391	20.8	16.3	7.28	17.9	58.5	3.3
Shinseonchalbyeo	0.0	0.21	2.88	19.2	77.7	4.1
Dobongbyeo	15.1	14.0	6.15	16.9	63.0	3.7

Refer to note in Table 4.

장의 범위가 620nm~600nm인 것으로보아 아마도 전분분자 중 아밀로스에 해당하는 부분이리라 여겨진다. Fr.I과 Fr.II사이의 中間分割(intermediate fraction)은 옥수수澱粉의 경우 正常(normal), 찰(wx), 中間찰(du), sugary(su₂) 遺傳子型에서는 3~7%인데 반해서 amylose extender (ae)에서는 약 20% 정도 포함되는 분획으로서²²⁾ Bailey등의 연구¹⁷⁾에 의하면 요-드 呈色反應의 최대흡수파장으로 미루어보아 글루코오스鎖長이 약 70-150정도이리라 여겨지는 부분이다. 그리고 Banks등의 연구²³⁾에 의하면 ae의 遺傳子型에는 전형적인 아밀로스나 아밀로펙틴과는 다른 中間物質이 다량 함유되어 있으며, 直鎖成分과 약간 가지가 쳐진 성분의 혼합물로서 아밀로스라 하기에는 좀 짧고 아밀로펙틴이라 하기에는 조금 긴 성분을 포함한다 하겠다. 그러므로 中間分割(Int. Fr.)은 Banks등이 지적하는 中間物質에 해당하는 것도

包畝될 수 있을 것으로 여겨진다. 즉 中間分割은 글루코오스鎖長이 짧은 아밀로스 분자와 비교적 긴 글루코오스鎖長을 가지는 아밀로펙틴들이 혼합된 분획이거나, 소수의 가지가 있는 아밀로스 분자의 가지 부분인 것으로 생각할 수 있겠다. Fr. III 는 peak의 글루코오스鎖長이 각각 45-50, 15-20이라는 점으로 미루어보아 아밀로펙틴에 해당하는 부분이라 여겨진다. 한편 Fr. III /Fr. II率은 아밀로펙틴 분자의 가지쳐진 정도를 나타내는 것이라 생각해도 그다지 큰 무리가 없으리라 여겨지는 값이므로 아밀로펙틴 분자의 구조적인 특징을 나타내는 指標值로 볼 수 있겠다. 표 3에 나타내는 품종별 쌀전분의 鎖長분포의 특징을 살펴보면 아밀로스분획에 해당하는 Fr.I의 함량은 澱粉-요-드 복합체형성에 의한 아밀로스 함량값에 비해 몇몇 試料(IR 31432-6-2-1-3, 수원조, IR 44)를 제외하고는 낮은 수치를 나타내고 있다. 일반적으로 전분질 식

품의 조리 가공적성에 관해서 논의할 때 아밀로스 함량이 중요한 요소로써 검토되고 있는데, 아밀로스 함량보다는 아밀로스 분획의 글루코오스鎖長의 길고 짧음이 조리 가공적성(특히 노화와 관련된 부분)에 보다 큰 영향을 미치리라 여겨지므로 이러한 점은 감안하여 보다 深度 있는 연구가 이루어져야 하리라 생각되어진다. 아밀로펙틴 분자의 가지쳐진 정도를 나타낸다고 볼 수 있는 Fr. III / Fr. II 의 값은 찰쌀이 멥쌀보다 그 수치가 일반적으로 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이는 다른 작물에서 찰品種이 멥品種보다 Fr. III / Fr. II 의 값이 높게 나타난다는 여러 연구^{12,13,15,17)}들과도 같은 경향이였다.

3. 쌀 품종별 澱粉粒子的 酸에 의한 가수분해도 비교

澱粉粒자를 15% 黃酸에 장시간 침지시키면 중량의 50% 정도는 분해 가용화되어 상실되는데 반해서, 전분입자의 형태는 유지하고 있는 이른바 naegeli amylopectin이 얻어진다. 이렇게 전분입자를 酸분해시킴으로서 얻어지는 amylopectin은

그것의 X線回折圖型이 원래 전분입자의 것보다 날카로운 圖型을 얻게된다²⁴⁾는 사실로 보아, 酸은 전분분자의 비결정성 부분을 우선적으로 분해시키고 있으며, 粒子내에 耐酸性의 부분을 남겨둔다고 생각되어지고 있다. 산처리에 의해서 생긴 amylopectin의 구조를 검토하여 봄으로써 전분입자의 結晶구조에 관한 연구들이 진전되었던 것이다. French 등^{25,26)}은 감자전분을 15% 黃酸에 침지시켜 50% 용해시킨 후 남은 殘砂(naegeli amylopectin)의 구조를 검토함으로써 아미로펙틴의 房狀構造를 제창하였으며, Robin 등^{27,28)}도 2.2N 염산에 침지시켜 얻은 lintner 전분을 이용하여 글루코우스의 평균重合度(dp)가 15 정도의 酸 저항성 부분을 단위로 하는 아미로펙틴의 cluster모형을 제안 하였다. 耐酸性을 나타내는 amylopectin은 전분분자 중의 結晶부분의 성질을 나타내는 것이고, 非結晶性 領域은 산에 의해서 공격받기 쉬운 영역 이리라 여겨지므로, 품종별 쌀 전분입자가 경시적으로 산에 의해서 가용화되어가는 양상을 연구함으로써 전분분자 cluster 분포 양상의 품종간 차이가 파악되리라 기대된다. 본 논문에서는 쌀 품종별 전분분자의 경시적인 산 분해율을 측정하였으며 (표 4), 산분해가 50% 진행되는 데 소요되는 시간과 알카리붕괴도, 糊凝集性(gel consistency) 및 Fr. III / Fr. II 率에 따른 供試品種들의 분포를 살펴본 결과, 50% 정도의 산분해 소요시간이 긴 품종일수록 알카리 용액에서 붕괴가 잘 안되는 경향을 보였고, 전분 50% 산분해 소요시간이 81시간 이상으로 산 분해가 잘 안되는 품종은 高ADV인 IRAT 177을 제외하고는 모두 高amylose 품종이었는데 이들은 다시 냉각젤이 쉽게 굳어지는 특성을 나타내는 품종인 IR41999-139 및 수원 232와, 쉽게 굳어지지 않는 품종인 IR31432-6-2-1-3 및 한양조로 나누어졌다²⁹⁾. 즉, 전분의 酸 가수분해도는 전분입자의 결정성부분의 밀도와 관련이 있는 것으로 생각되는 Fr. III / Fr. II 率보다는 전분호화의 용이성과 밀접한 관련성이 있는 것으로 생각되어진다. 전분질 식품의 조리 가공특성에 큰 영향을 미치는 요인이 바로 이 “澱粉分子的 cluster분포 양상의 差”이리라 여겨지므로 장차 산분해 잔사에 대한 품종별 검토도 深度있게 추진되어야 한다고 생각되어진다.

Table 4. Varietal variation in starch structure and physical characteristics of rice grain

Character	Mean	Standard deviation	Coefficients of variation(%)	Range
λ_{max} (nm)	580.9	21.1	3.6	522-603
Blue value	0.239	0.082	34.2	0.052-0.376
Reaction time for 50% acid hydrolysis (hrs.)	78.5	9.7	12.4	64-99.6
Fr. I (%)	18.7	8.3	44.4	0.2-36.1
Int. Fr (%)	5.7	1.7	29.6	2.7-8.4
Fr. II (%)	18.9	3.5	18.7	12.5-27.1
Fr. III (%)	56.3	8.8	15.6	39.7-77.7
Fr. III / Fr. II ratio	3.08	0.69	22.4	1.9-4.5

[Note] λ_{max} : Wave length of maximum absorbance of starch-I₂ complex blue color, Blue value: Absorbance of starch-I₂ complex blue color at 620nm wave length, Fr. I: λ_{max} above 620nm, (longest glucose chain length) Int. Fr: $600 < \lambda_{max} < 620$ nm, Fr. II: $540 < \lambda_{max} < 600$ nm, Fr. III: λ_{max} below 540nm (shortest glucose chain length).

Table 5. Correlation coefficients among various characteristics relevant to starch structure or physics and physicochemical properties of rice grain

Relevant characters	Correlation coefficients	Relevant characters	Correlation coefficients
λ_{max} - Blue value	0.917**	Amylose content -	-0.587**
- Amylose content	0.957**	Gel consistency	
- Fr. I	0.825**	ADV - ADV difference b/w	0.635**
- Fr. II	-0.806**	high & low conc.	
- Gel consistency	-0.573**	50% acid hydrolysis - ADV	-0.743**
Blue value - Amylose content	0.970**	- ADV difference	-0.673**
- Fr. I	0.919**	b/w high & low conc.	
- Int. Fr.	0.423**	Fr. I - Int. Fr.	0.444*
- Fr. III	-0.847**	- Fr. III	-0.918**
- Gel consistency	-0.550**	- Gel consistency	-0.488*
Mg /K ratio - Int. Fr.	0.419*	Int. Fr. - Fr. III	-0.509**
- Protein content	0.482*	Fr. II - Fr. III / Fr. II ratio	-0.755**
Amylose content - Fr. I	0.891**	Fr. III - Gel consistency	0.615**
- Fr. III	-0.854**		

Refer to note in Table 4 * , ** : Significant at 5% and 1% level, respectively

4. 품종별 澱粉의 構造 및 物性과 理化學的 특성간의 相關關係

쌀 전분특성에 대한 벼의 품종 變異를 보면(표 4) 주로 아밀로스함량과 밀접한 관련이 있는 澱粉-요-드 褐色反應의 흡광도와 글루코오스鎖長分布의 Fr.I에서 가장 큰 품종적 변이를 나타내었고, 다음으로 글루코오스鎖長分布의 중간분획(Int. Fr.)과 아밀로펙틴의 가지치진 정도를 나타낸다고 할 수 있는 Fr. III / Fr. II 率에 있어서 품종간 차이가 컸다. 쌀의 주요 이화학적 특성과 전분특성간의 상관관계를 살펴보면(표 5) 아밀로스함량이 높을수록 澱粉-요-드 褐色反應의 최대흡수과장(λ_{max})이 길면서 요-드 褐色도가 높았고 글루코오스鎖長分布의 Fr.I의 값이 높았던 반면 Fr. III의 값은 낮았다. 또한 糊凝集性은 Fr. III와 正의 상관관계를 나타내었으며 λ_{max} , 요-드 褐色度, Fr. I 및 아밀로스함량과는 高度로 유의한 負의 상관관계를 나타내어 아밀로스함량이 낮으며 글루코오스鎖長이 짧은 것의 분포가 높은 품종일수록 가열 호화전분 겔이 냉각時 빨리 굳어지지 않는 특성을 보이는 경향이였다.

5. 쌀의 전분특성에 따른 품종 분포

품종별 쌀의 理化學的 성분 및 糊化特性에 대한

Table 6. Eigen value and its contributions to total variation in four upper principal components contracted from physicochemical properties of rice grain and starch structure or physical characteristics

Principal components	1st principal component (Z ₁)	2nd principal component (Z ₂)	3rd principal component (Z ₃)	4th principal component (Z ₄)
Eigen value	5.201	3.096	1.762	1.422
Contribution(%)	37.15	22.11	12.58	10.16
Cumulative contribution(%)	37.15	59.26	71.84	82.00

主成分 分析에서 第1과 第2 主成分値가 각각 全變異量의 37.2%와 22.1%를 차지하였는데(표 6), 이들 전분특성과 主成分値간의 상관정도(표 7)에 따라 第1 및 第2 主成分의 특성을 규정지어 보면, 대체로 第1 主成分은 아밀로스함량, 글루코오스鎖長 및 糊凝集性과 관련된 전분특성이고 第2 主成分은 澱粉粒子的 알카리 및 酸에 의한 붕괴성과 아밀로펙틴의 구조 등과 관련된 전분특성으로 추정된다. 第1(Z₁)과 第2(Z₂) 主成分値 상의 품종분포를 보면(그림 4) 대체로 아밀로스함량이나 아밀로펙틴의 구조 및 전분의 호화특성이 비슷한 품종들일수

Table 7. Correlation coefficients between physicochemical or structural properties of rice grain and principal components

Variable \ Principal component	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Cumulative contribution
λ -max	0.888**	-0.089	0.051	-0.218	0.846
Blue value	0.940**	-0.240	0.088	-0.027	0.950
Amylose content	0.936**	-0.177	0.082	-0.162	0.940
Akali digestion value	0.279	0.768**	0.173	0.403	0.860
50% acid hydrolysis	-0.038	-0.772**	-0.348	-0.159	0.774
Fr. I	0.917**	-0.153	0.239	0.064	0.926
Int. Fr.	0.343	-0.071	-0.245	0.826**	0.865
Fr. II	-0.174	0.563**	-0.738**	-0.294	0.978
Fr. III	-0.930**	-0.111	0.103	-0.052	0.891
Fr. III / Fr. II ratio	-0.361	-0.540**	0.699**	0.132	0.928
ADV difference b/w high&low conc.	0.245	0.782**	0.065	0.209	0.719
Gel consistency	-0.691**	-0.131	0.219	0.289	0.626
Protein content	0.226	-0.511*	-0.314	0.214	0.426
Mg / K ratio	-0.047	-0.525*	-0.531**	0.476*	0.786

Refer to note in Table 4.

Acid hydrolysis (%)

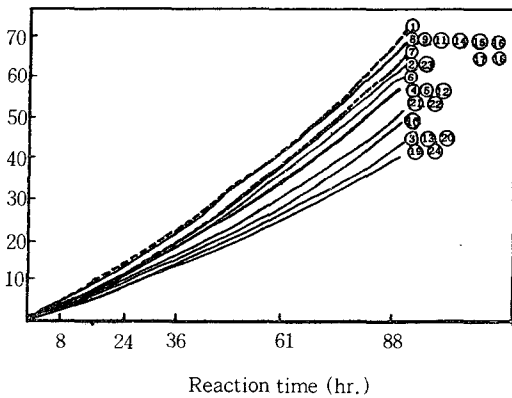


Fig. 4. Varietal difference in acid hydrolysis of rice starch along with treatment time. Refer to the variety number in Table 6.

특 가까이 분포하는 경향을 보였고 이에 따라 뚜렷하게 6개 品種群으로 細分化할 수 있었다.

摘 要

쌀의 利用性 증진과 쌀 加工適性 育種을 위한 基礎資料를 얻고자 쌀의 아밀로스함량 및 糊化特性이 크게 다른 24품종에 대한 쌀 胚乳澱粉의 構

Z2

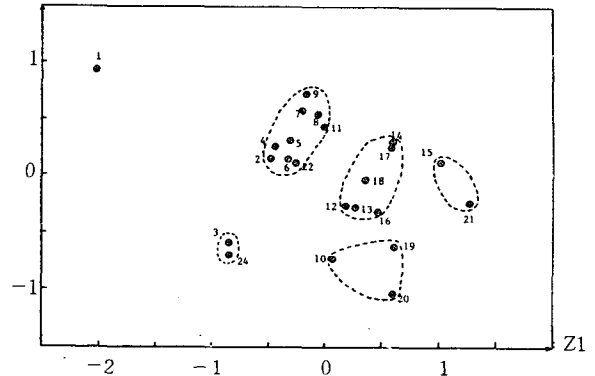


Fig. 5. Distribution of rice varieties on plane of 1st and 2nd principal components contracted from structural or physical characteristics of rice starch and some physicochemical properties of rice grain by principal component analysis.

造 및 物性的 차이를 比較 分析한 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 쌀 澱粉-요-드 로色反應의 최대흡수파장이 짧은 520nm, 메는 560nm~600nm까지로서 아밀로스 함량이 높은 품종일수록 길어지는 경향이 있었고 비슷한 아밀로스함량 수준에서도 품종에 따라 최대흡수파장에 다소 차이가 있었다.

2. 쌀 품종별 전분의 글루코오스鎖長분포 비교에 의하면 Fr. I에서 가장 큰 품종간 차이를 나타내었고 다음으로 中間分割(Int. Fr.)과 Fr. III /Fr. II率에서 품종간 차이가 크게 나타났으며, 특히 아밀로펙틴의 微細構造를 나타내는 Fr. III /Fr. II率은 찰쌀이 멥쌀보다 높은 경향이었으나 멥쌀간에는 아밀로스함량과는 관계없이 품종간 차이를 나타내었다.
3. 알칼리 崩壞도가 낮은 품종일수록 澱粉粒子的 50% 酸 加水分解 소요시간이 길었으며, 糊凝集性이 硬質인 품종과 軟質인 품종들 모두에서 50% 酸 加水分解 소요시간에 품종간 차이를 나타내었다. 또한 糊凝集性이 硬質인 품종일수록 Fr. III의 분포가 낮고 Fr. I의 분포 및 아밀로스함량은 높은 경향이였다.
4. 쌀의 澱粉構造 및 物性과 쌀의 理化學的특성에 따라 主成分分析에 의하여 供試品種들을 6個群으로 分類할 수 있었는데 이는 주로 아밀로스 관련 成分과 아밀로펙틴 構造成分에 따라 群集化 되었다.

引用文獻

1. Juliano, B.O. (editor) 1985. Rice chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, U.S.A. 774p
2. Gunja-Smith, Z., J.J., Marshall, C. Mercier, E.E. Smith, and W.J. Whelan. 1970 A revision of the Meyer-Bernfeld model of glycogen and amylopectin. FEBS Lett., 12: 101-106
3. Hizukuri, S., Y. Takeda, and M. Yasuda. 1981. Multibranched nature of amylose and the action of debranching enzymes. Carbohydr. Res., 94: 205-213
4. Hizukuri, S. 1984. Estimation of the distribution of molecular weight for amylose by the low-angle laser-light-scattering technique combined with high-performance gel chromatography. Carbohydr. Res., 134:1-10
5. Takeda, C., Y. Takeda, and S. Hizukuri. 1983. Physicochemical properties of lily starch. Cereal Chem., 60: 212-216
6. Suzuki, A., S. Hizukuri, and Y. Takeda. 1981. Physicochemical properties of Kuzu starch. Cereal Chem., 58:286-290
7. Hizukuri, S. 1986. Polymodel distribution of the chain lengths of amylopectins and its significance. Carbohydr. Res., 147: 342-347
8. Hizukuri, S., T. Kaneko, and Y. Takeda. 1983. Measurement of the chain length of amylopectin and its relevance to the origin of crystalline polymorphism of starch granules. Biochem. Biophys. Acta., 760: 188-191
9. Asaoka, M., K. Okuno, Y. Sugimoto, J. Kawakami, and H. Fuwa. 1984. Effect of environmental temperature during development of rice plants on some properties of endosperm starch. Staerke, 36:189-194
10. Ikawa, Y., M.Y. Kang, Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1983. Some properties of starches of job's tears. J. Jpn. Soc. Starch Sci., 30:5-12
11. Akai, H., K. Yokobayashi, A. Misaki, and T. Harada. 1971. Structural analysis of amylopectin using pseudomonas isoamylase. Biochem. Biophys. Acta., 252:427-432
12. Ikawa, Y., D.V. Glover, Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1981. Some structural characteristics of starches of maize having a specific genetic background. Staerke, 33: 9-13
13. Kang, M.Y., Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1985. Some properties of large and small starch granules of barley endosperm. Agric. Biol. Chem., 19:1291-1297
14. Sugimoto, Y., K. Nishihara, M. Inoue, and

- H. Fuwa. 1982. Some properties of starch granules from different plant species. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 29:19-26
15. Inouchi, N., D.V.Glover, Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1984. Developmental changes in starch properties of several endosperm mutants of maize. *Stärke*, 36:8-13
 16. 福井作藏. 1973 還元糖の定量法: 17-18, 東京大學 出版會
 17. Bailey, J.M., and W.J. Whelan. 1961. Physical properties of starch. I. Relation between iodine stain and chain length. *J. Biol. Chem.*, 236:763-773
 18. Ikawa, Y. D.V. Glover, Y. Sugimoto, and H. Fuwa. 1978. Amylose percentage and distribution of unit chain length of maize starches having a specific background. *Carbohydr. Res.*, 61:211-216
 19. Banks, W., C.T. Greenwood, and D.D. Muir. 1971. The characterization of starch and its components. III. The technique of semi-micro differential potentiometric iodine titration and the factors affecting it. *Stärke*, 23:118-124
 20. Banks, W., C.T. Greenwood, and J. Thomson. 1959. The properties of amylose as related to the fractionation and subfractionation of starch. *Macromol. Chem.*, 31:197-213
 21. Banks, W., C.T. Greenwood, and D.D. Muir. 1974. A critical comparison of the estimation of amylose content by colorimetric determination and potentiometric titration of the iodine complex. *Stärke*, 26:73-78
 22. Inouchi, N., D.V.Glover, T. Takaya and H. Fuwa. 1983. Developmental changes in fine structure of starches of several endosperm mutants of maize. *Stärke*, 35: 371-376
 23. Banks, W., C.T. Greenwood, and D.D. Muir. 1974. Studies on starches of high amylose content; part 17. A review of current concepts. *Stärke*, 26: 289-300
 24. Hizukuri, S. 1971. X-ray diffractometric studies on starches. *Agric. Biol. Chem.*, 25:45-52
 25. Kainuma, K. and D. French. 1971. Naegeli amyloextrin and its relationship to starch granule structure(I). *Biopolymers*, 10: 1673-1681
 26. Kainuma, K. and D. French. 1971. Naegeli amyloextrin and its relationship to starch granule structure(II). *Biopolymers*, 11: 2241-2249
 27. Robin, J.P., C. Mercier, R. Charbonnere, and A. Guilbot. 1974. Lintnerized starches. Gel filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. *Cereal Chem.*, 51: 389-406
 28. Biliaderis, C.G., D.R. Grant, and J.R. Vose. 1981. Structural characterization of regume starches (II). Studies on acid-treated starches. *Cereal Chem.*, 58:502-507