

## 아밀로오스 함량별 쌀전분의 이화학적 특성

이상효·한 역·이현유·김성수·정동효\*

한국식품개발연구원, \*중앙대학교 식품가공학과

### Physicochemical Properties of Rice Starch by Amylose Content

Sang-Hyo Lee, Ouk Han, Hyun-Yu Lee, Sung-Soo Kim and Dong-Hyo Chung

Korea Food Research Institute, Banwol, Kyonggi-do

\*Dept. of Food Processing and Technology, Chungang University, Ansong

#### Abstract

Physicochemical properties of rice starch isolated from eight varieties were examined to evaluate the rice processing suitability. The amylose contents of rice starch were varied with 16.7-29.7%, and IR 30, Godael, Aguja and Lengkwang varieties showed higher amylose content than the other varieties. The water binding capacity and blue value were in the range of 87.0-103.0 and 0.178-0.305, respectively. As the amylose content increased, the amylogram pasting temperature and the break down ratio increased, while the peak viscosity did not show any significant difference. The transmittance of 0.1% starch suspension slowly increased at 50 °C in the low-amylose content rice group, and rapidly increased at 65 °C in the high-amylose content rice group, but there were no differences above 75 °C among varieties. Also the low-amylose rice starch showed higher values in the swelling power and solubility. The hardness of the 30% rice starch gels was low in low-amylose one. During storage at 20 °C for 14 days, the increment of hardness was more slow in high-amylose one. The retrogradation velocity constant of rice starch gel by Avrami equation was the highest as 0.219 in Aguja variety.

Key words: amylose content, rice starch, retrogradation

#### 서 론

최근 국민 식생활 패턴이 변화됨에 따라 동물성 식품의 섭취량은 증가한 반면 국민 1인당 쌀 소비량은 매년 감소추세에 있으며 이러한 경향은 앞으로도 계속될 전망이다. 우리나라에서 쌀에 대한 연구는 주로 증산이나 쌀의 저장방법 및 취반특성에 대하여 치중되어 왔으며<sup>(1-3)</sup> 쌀을 가공원료로 이용하기 위한 기능적 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 쌀로 밥을 지을 때 쌀을 원료로 하여 가공식품을 제조할 때 밥맛이나 조리상의 성질 또는 이들 가공식품의 맛이나 성질에 영향을 미치는 요인들은 쌀에 함유된 전분의 성질 즉 쌀 전분의 호화온도와 아밀로오스, 단백질, 지방함량 등이다. 이 중에서도 아밀로오스 함량은 쌀의 조리특성과 밥의 조직감이나 광택 등 식미를 결정하는 가장 중요한 요인이라고 한다<sup>(4,5)</sup>. 쌀의 아밀로오스 함량은 찰기를 결정

하는 가장 주된 인자이며 쌀의 평균 수분함량과 높은 부의 상관관계가 있다는 보고가 있으며<sup>(6,7)</sup>, Juliano 등<sup>(8)</sup>은 쌀 가공적성에는 총 아밀로오스보다 가용성 아밀로오스가 더 큰 영향을 미친다고 하였다. 또한 고 아밀로오스 쌀 전분은 높은 아밀로그래프 피크와 점도 안정성을 나타내며 단단한 겔을 형성한다는 보고도 있다<sup>(9,10)</sup>. 본 연구에서는 한국산 쌀의 가공적성을 파악하기 위한 기초 자료를 얻고자 아밀로오스 함량이 다른 쌀을 선택하여 전분을 분리한 후 이들의 이화학적 특성을 검토하여 몇가지 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

쌀은 1987년 농촌진흥청 호남작물시험장에서 가공용으로 시험재배된 BG-3, B-8, Seomjinbyeo, IR 30, Godael, Aguja, Lengkwang 등 7품종과 전라북도 정주지방에서 수확한 Samgangbyeo 1품종을 사용하였다. 쌀 전분은 Willigen<sup>(11)</sup>의 방법에 따라 분리한

Corresponding author: Sang-Hyo Lee, Korea Food Research Institute, 148-1, Dangsuri, Banwol-myun, Hwasung-gun, Kyonggi-do, 445-820

후 실온에서 2일간 풍건하고 60 mesh 로 쳐서 시료로 하였다. 분리 전분의 일반성분은 수분 8.6~15.2%, 조단백질 0.57% 이하, 조지방 0.34% 이하, 조회분 0.02~0.09%로서 일반적인 쌀 전분의 성분과 유사하였다.

#### 전분의 이화학적 특성실험

전분의 blue value는 Gilbert의 방법<sup>(12)</sup>에 따라, 아밀로오스 함량은 요오드 비색법<sup>(13)</sup>에 의하여 흡광도를 측정하여 정량하였으며, 이 때 표준곡선은 감자 아밀로오스와 아밀로펙틴(Sigma사 제품)을 사용하였다. 물 결합력은 Medcalt의 방법<sup>(14)</sup>에 따라, 팽윤력 및 용해도는 Leach 등의 방법<sup>(15)</sup>에 따라 50~90°C의 온도에서 행하였고, 전분 현탁액의 광투과도 변화는 Wilson의 방법<sup>(16)</sup> 측정하였다.

한편, 전분의 호화양상은 전분 농도를 8%로 하여 Brabender Amylograph(Brabender Ltd., West Germany)를 이용하여 측정하고 아밀로그래프로부터 최고점도(P), 94°C에서 15분 후의 점도(H)를 구하였고, break down ratio는 H/P로 정의된다<sup>(17)</sup>.

#### 노화 실험<sup>(18)</sup>

30%(w/v) 전분 현탁액을 직경 12mm, 높이 28mm의 밀봉용기에 2ml씩 취하고 95°C에서 40분간 호화시켜 전분겔을 제조한 후 실온에서 냉각하여 20°C, 95% 상대습도의 저장고에서 저장하면서 경도변화를 texturometer로 측정하였다. 이 때 texturometer(Instron Model 1140, USA)의 운전조건은 crosshead speed 50mm/min, chart speed 50mm/min, plunger diameter 6mm, % deformation 70이었으며, 저장 중 경도변화로부터 노화과정을 Avrami equation으로 분석하였다. Limiting modulus는 4°C에서 14일간 저장한 겔의 경도변화에서 구하였다.

### 결과 및 고찰

#### 이화학적 특성

전분의 아밀로오스 함량은 Table 1과 같이 B-8 품종이 16.7%로 가장 낮고, Aguja 품종이 29.7%로 가장 높았으나 20% 이하의 4개 품종과 30% 부근의 4개 품종으로 대별되었다. 즉 Seomjinbyeo, BG-3, B-8 및 Samgangbyeo는 저 아밀로오스 품종군(7~20%)<sup>(19)</sup>, IR 30, Godael, Aguja 및 Lengkwang

Table 1. Physicochemical properties of various rice starch

Group	Varieties	Amylose content (%)	W. B. C <sup>a)</sup> (%)	Blue value
A <sup>b)</sup>	Seomjinbyeo	17.7	102.5	0.178
	BG-3	19.5	97.5	0.235
	B-8	16.7	98.5	0.207
	Samgangbyeo	18.2	103.0	0.205
B <sup>c)</sup>	IR 30	28.5	91.5	0.305
	Godael	29.3	93.5	0.297
	Aguja	29.7	88.5	0.297
	Lengkwang	29.5	87.0	0.296

a) W.B.C.: Water binding capacity

b) Low-amylose content rice group

c) High-amylose content rice group

은 고 아밀로오스 품종군(25% 이상)으로 분류하여 이하 여러가지 이화학적인 특성을 조사하였다. 일반적으로 아밀로오스 함량은 쌀의 찰기를 결정하는 주된 인자이며 미질을 나타내는 척도의 하나이다<sup>(6,20)</sup>. 아밀로오스 함량은 전분은 상대적 결정도, 수분흡수속도 및 밥알의 단단함과는 상관관계를 보이지 않으나, 광투과도와는 정의 상관관계를 나타내고, chalkiness와는 부의 상관관계를 나타내며 알칼리 붕괴도와는 매우 유의한 정상관을 보인다고 한다<sup>(21)</sup>. 또한 blue value는 저 아밀로오스 품종군이 0.178~0.235, 고 아밀로오스 품종군이 0.290~0.305로서 아밀로오스 함량이 높을수록 증가하는 경향이었다. 물 결합력은 Samgangbyeo가 103%로 가장 높았고 Lengkwang은 87%로 가장 낮았으며 아밀로오스 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 물 결합력은 전분의 수분결합능을 나타내는 지표로서 이 때 결합된 물은 전분 입자에 흡수 또는 전분 입자의 표면에 흡착된다고 하며 그 정도는 전분 입자내부의 비결정형 부분이 많으면 높다고 하였다<sup>(22)</sup>.

8% 전분 현탁액의 아밀로그래프 특성치는 Table 2와 같다. 즉 호화온도는 Seomjinbyeo가 64°C로 가장 낮았고 Godael과 Aguja 품종이 75°C로 가장 높았으며 아밀로오스 함량 차이에 따라 2개의 품종 사이에 10°C 정도의 차이를 나타내었다. 특히 국내 장려품종인 추청벼, 도봉벼, 봉광벼 등과 아밀로오스 함량이 유사한 저 아밀로오스 품종의 호화온도는 일반적인 보고치보다<sup>(23)</sup> 다소 낮게 나타났으나 이는 전분 현탁액의 농도차이에 기인된 것으로 사료된다. 한편 고 아밀로오스 품종의 호화온도가 높은 것은 이들 전분 입자들이 compact

Table 2. Brabender amylogram characteristics of 8% suspended solution of rice starch

Group	Varieties	Pasting temp. (°C)	Peak height (BU)	Peak height after 15 min. at 94°C (BU)	H/P <sup>a)</sup>
A <sup>b)</sup>	Seomjinbyeo	64.0	810	395	0.487
	BG-3	66.0	700	395	0.564
	B-8	64.5	980	435	0.443
	Samgangbyeo	64.5	1360	455	0.334
B <sup>c)</sup>	IR 30	75.0	625	450	0.720
	Godael	75.0	495	320	0.646
	Aguja	74.0	870	700	0.804
	Lengkwang	74.5	910	700	0.780

a) H/P; Breakdown ratio

b) Low-amylose content rice group

c) High-amylose content rice group

granule로 되어 있기 때문에 팽윤된 전분 입자들은 열과 shearing force에 대한 저항성이 다소 높아져 점성안정제로서의 이용에 효율적이라는 결과와 유사한 경향이였다<sup>(24)</sup>. 한편 최고점도는 Samgangbyeo가 1360 BU로 가장 높았고 Godael 품종이 495 BU로 가장 낮았으나 아밀로오스 함량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. H/P ratio는 Aguja 품종이 0.80으로 가장 높았고 Samgangbyeo가 0.33으로 가장 낮았으며 아밀로오스 함량이 낮을 수록 고온에서 교반시 전분사슬의 분해가 심하여 회전력이 감소하고 이로 인한 break down 현상이 크게 나타났다고 생각되었다.

0.1% 전분 현탁액의 온도에 따른 광투과도 변화를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 즉 Seomjinbyeo, BG-3, B-8 및 Samgangbyeo는 50°C 이후부터 광투과도가 서서히 증가하기 시작하였고, IR 30, Godael, Aguja 및 Lengkwang 등은 65°C 이후부터 빠른 증가

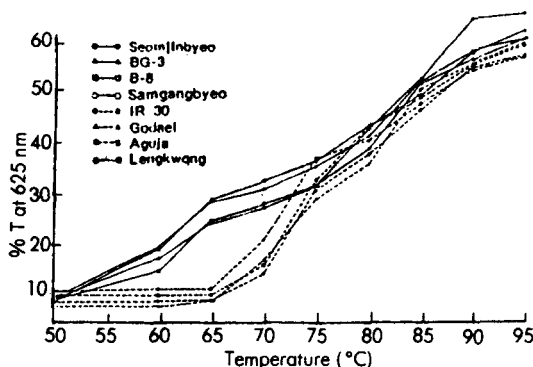


Fig. 1. Changes in transmittance of 0.1% suspended solution of rice starch at different temperatures.

경향을 나타내었으나 90°C 이후에서는 아밀로오스 함량에 관계없이 광투과도의 증가가 둔화되어 일반적인 쌀 전분의 광투과도 변화경향과 유사하였다<sup>(23,25)</sup>.

Fig. 2는 전분의 팽윤력과 용해도를 측정된 결과로 아밀로오스 함량에 따라 서로 다른 두 가지의 양상을 보이고 있다. 즉 아밀로오스 함량이 낮은 Seomjinbyeo, BG-3, B-8 및 Samgangbyeo는 50°C 이후부터 팽윤력이 급격하게 증가하는 경향이였으나 나머지는 60°C 이후부터 서서히 증가하여 그 후 급격하게 증가하였다. 이와 같이 온도의 상승에 따라 입자 내부결합이 점진적으로 이완됨을 알 수 있었다. 또한 전체적인 온도 구간에서 저 아밀로오스 품종의 팽윤력이 높고 고 아밀로오스 품종보다 입자내 결합이 다소 약함을 알 수 있었다. 용해도의 측정결과 70°C 이하에서는 팽윤력과 비슷한 경향을 나타내었으나 80°C 이상에서는 아밀로오스 함량에 따른 용해도의 구분이 명확하지 않고 IR 30과 Aguja 품종의 팽윤력은 저 아밀로오스 품종보다 낮았으나 용해도는 오히려 더 높은 값을 나타내었다. 이와 같은 현상은 저 아밀로오스 품종의 입자내 결합은 약하나 높은 팽윤상태에서도 입자 내부의 전분물질을 고정(fixation)하는 정도가 높음을 가리킨다<sup>(26)</sup>.

#### 노화특성

30% 쌀 전분겔을 20°C에서 저장하면서 시간의 경과에 따른 경도의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 초기의 경도는 저 아밀로오스 품종이 0.25~0.38 kg, 고 아밀로오스 품종이 0.68~1.06 kg으로써 고 아밀로오스 품종이 현저하게 높았다. 일반적으로 전분 입자는 팽윤과 함께 용해도가 증가하며, 이는 전분의 구성성분 중 아밀로오스가 아밀로펙틴보다 더 쉽게 용출되기 때문이다. 전분의 겔 형성에서 가용성 아밀로오스는 겔의 network 형성에 중요한 물질이고, 완전히 팽윤된 입자나 붕괴된 입자를 연결하는 결합물질의 역할을 함과 동시에 가용성 아밀로오스의 함량이 증가할 수록 전분겔의 파괴강도(breaking strength)는 커지는 것으로 알려져 있다<sup>(27)</sup>.

저장 중 쌀 전분겔의 경도는 저 아밀로오스 품종의 경우 저장 4일까지는 거의 변화가 없었고 그 후 완만한 증가를 나타낸 반면 고 아밀로오스 품종은 저 아밀로오스 품종에 비하여 저장 초기에 훨씬 높은 경도변화를 나타내었다. 특히 저장 4일 이후에는 급격한 증가를 나타내어 전분의 노화가 현저하게 진행됨을 알 수 있었다. 한편 Fig. 3의 결과를 Avrami 방정식으로 분석하기 위한 Avrami 지수, 노화속도상수 및 시간상수를

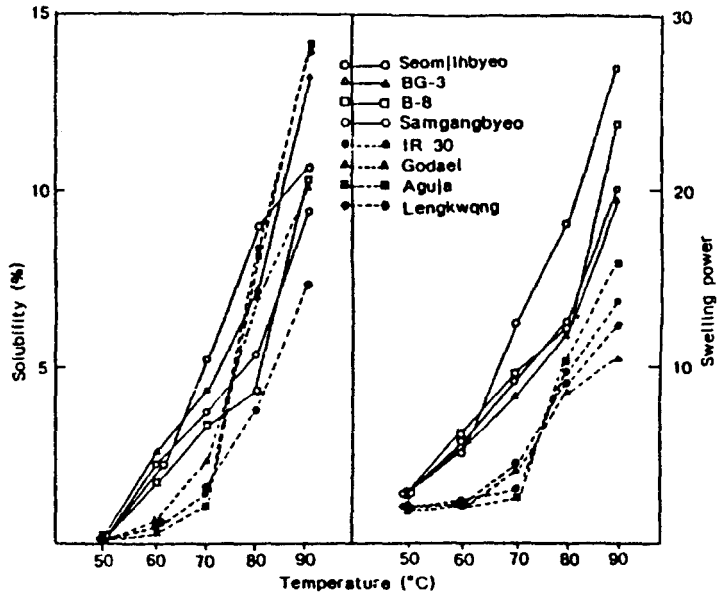


Fig. 2. Solubility and swelling power of rice starch at various temperatures.

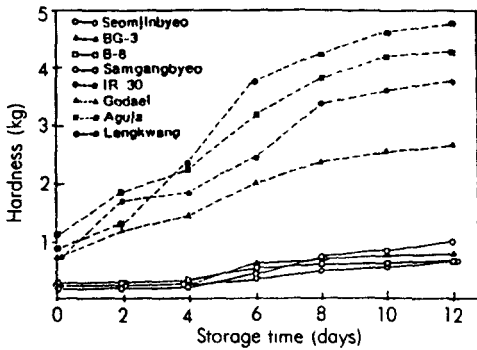


Fig. 3. Changes in hardness of rice starch gel during storage at 20°C.

구하기 위하여  $\log t$ 와  $\log\{-\ln(EI-Et)/(EI-E_0)\}$  및  $\log e(EI-Et)$ 의 관계를 Fig. 4 및 5에 표시하였으며 그 결과는 Table 3과 같다.

Avrami 지수는 전분의 결정화 양상에 따라 1~4의 값을 가지게 되며 일반적으로 쌀밥, 빵 등은 1에 가까운 값을 가진다. 이는 전분 노화의 기본적인 기작이 순간적인 핵 형성에 잇따른 간상구조의 결정성장에 의한 나타낸 것으로 쌀 전분 등(28)에서 볼 수 있는 전분 결정화의 특성이다. Table 3에 나타난 바와 같이 Seomjinbyeo, IR 30, Godael, Aguja 및 Lengkwang 품종은 Avrami 지수가 1에 가까운 값을 나타내나 BG-3, B-8 및 Samgangbyeo는 2에 가까워 결

Table 3. Avrami exponent and time constants of various rice starch gel various

Group	Varieties	Avrami <sup>a)</sup> exponent	Velocity constant	Time constant (days)
A	Seomjinbyeo	0.97	0.057	17.39
	BG-3	1.83	0.075	13.33
	B-8	1.93	0.070	14.29
	Samgangbyeo	2.03	0.071	14.04
B	IR 30	0.80	0.132	7.55
	Godael	0.94	0.115	8.69
	Aguja	0.63	0.219	4.55
	Lengkwang	1.37	0.188	5.33

a) Avrami equation;  $\log\{\log(EI-Et)/(EI-E_0)\} = \log K + n \log t$   
 $\log e(EI-Et) = \log(EI-E_0) - Kt^n$

b) Low-amylose content rice group

c) High-amylose content rice group

정성장이 판상구조에 의함이 예상된다. 한편 노화속도 상수는 Aguja 품종이 0.219로 가장 높았고 Seomjinbyeo의 경우에는 0.057로 가장 낮아 아밀로오스 함량이 높은 전분겔이 빨리 노화된 결과와 일치하는 경향이 었다.

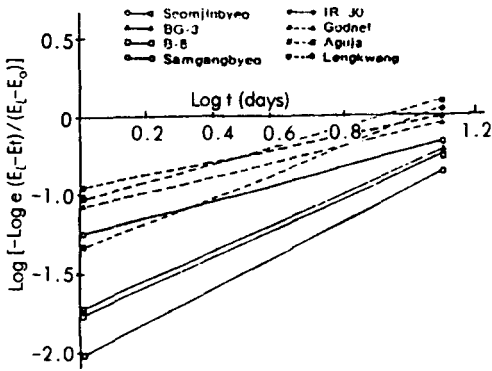


Fig. 4. Plot of  $\log [-\ln(EI-Et)/(EI-Eo)]$  vs  $\log t$  for 30% rice starch gel stored at 20°C.

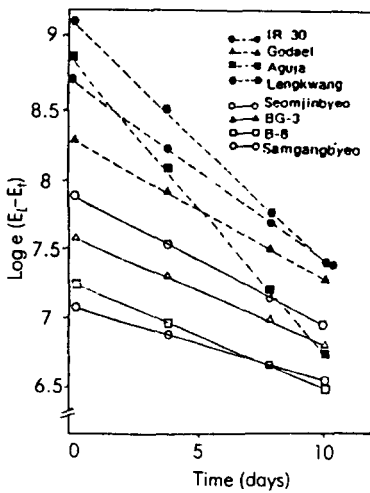


Fig. 5. Plot of  $\log e(EI-Et)$  vs time for 30% rice starch gel stored at 20°C.

요 약

가공식품의 원료로써 쌀의 가공 적성을 파악하기 위하여 아밀로오스 함량에 따라 가공용으로 육종된 8가지 품종에 대한 전분의 이화학적 특성을 조사하였다. 분리 전분의 아밀로오스 함량은 16.7~29.7%이었으며 IR 30, Godael, Aguja 및 Lengkwang의 고 아밀로오스 품종에, Seomjinbyeo, BG-3, B-8 및 Samgangbyeo는 저 아밀로오스 품종으로 분류할 수 있었다. 전분의 물 결합력과 blue value는 각각 87.0~103.0 및 0.178~0.305이었으며 아밀로오스 함량이 증가할 수록 아밀로그래ムの 호화온도와 break down ratio는 증가

한 반면 최고점도는 무관하였다. 0.1% 전분 현탁액의 광투과도는 저 아밀로오스 품종의 경우 50°C부터 증가하기 시작하였으나 고 아밀로오스 품종은 65°C 이후부터 급격히 증가하였고 75°C 이상에서는 차이가 없었다. 또한 팽윤력과 용해도는 저 아밀로오스 품종에서 높게 나타났다. 한편 각종 쌀 전분질의 노화속도상수는 Aguja 품종이 0.219로 가장 높았고 Seomjinbyeo가 0.057로 가장 낮았으며 아밀로오스 함량이 높을 수록 노화속도가 빨랐다.

문 헌

1. 황보정숙, 이관영, 정동효, 이서래 : 통일미와 진흥미의 취반 기호 특성에 관한 연구, 한국식품과학회지, 7(4), 212(1975)
2. 황보정숙, 이서래 : 통일미의 저장에 따른 기호특성 및 지질성분의 변화, 한국식품과학회지, 8(2), 74(1976)
3. 한완주, 김영상, 민용규 : 수답 신품종 "통일"의 저장성 연구, 한국식품과학회지, 8(3), 136(1976)
4. Juliano, B.O.: Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating quality of milled rice. *Food Technol.*, 19, 1006(1965)
5. Goodman, D.E. and Rao, R.M.: Amylose content and puffed volume of gelatinized rice. *J. Food Sci.*, 49, 1204(1984)
6. Kongseree, N. and Juliano, B.O.: Physicochemical properties of rice grain and starch from lines differing in amylose content and gelatinization temperature. *J. Agric. Food Chem.*, 20, 714(1972)
7. Antonio, A.A. and Juliano, B.O.: Amylose content and puffed volume of parboiled rice. *J. Food Sci.*, 38, 915(1973)
8. Juliano, B.O., Cartano, A.V. and Vidal, A.J.: Note on a limitation of the starch-iodine blue test for milled rice amylose. *Cereal Chem.*, 45, 63(1968)
9. Juliano, B.O.: Properties of rice starch in relation to varietal differences in processing characteristics of rice grain. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 29, 305(1982)
10. 김성곤, 한태룡, 이양희, 비엘 다포르니아 : 통일 및 팔달 쌀전분의 이화학적 성질에 관한 연구. 한국식품과학회지, 10, 157(1978)
11. Willigen, A.H.A.: Potato starch. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L.(ed), Aca-

- demic Press, New York, Vol.4, p.9(1964)
12. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P.: Iodometric determination of amylose. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L.(ed), Academic Press, New York, Vol.4, p.168(1964)
  13. Fukuba, H. and Kainuma, K.: *Handbook of Starch Science*, Asakura Book Co. p.174(1974)
  14. Madcalt, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starch. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558(1965)
  15. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J.: Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **36**, 534(1959)
  16. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**, 661(1978)
  17. Bhattacharya, K.R. and Sowbhagya, C.M.: Pasting behavior of rice: A new method of viscography. *J. Food Sci.*, **44**, 797(1979)
  18. Kim, S.K., Ciacco, C.F. and D'Appolonia, B.L.: Kinetic study of retrogradation of Cassava starch gels. *J. Food. Sci.*, **41**, 1249(1976)
  19. Juliano, B.O.: The chemical basis of rice grain quality. In *Proc. Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laguna, Philippines, p.69(1979)
  20. 김성곤, 채제천: 쌀의 화학적 특성과 물리적 특성과의 관계. *한국작물학회지*, **28**, 281(1983)
  21. 김성곤, 채제천, 임무상, 이정행: 쌀의 아밀로오스 함량과 물리적 특성간의 상호관계. *한국작물학회지*, **30**(3), 320(1985)
  22. Beleia, A., Varriano-Marston, E. and Hosenev, R.C.: Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.*, **57**(5), 300(1980)
  23. 김남수, 석호문, 남병중, 민병용: 곡류이용 확대를 위한 품질 특성 연구. 농어촌개발공사 종합식품연구원 보고서, 제 12집, pp.5-22(1985)
  24. 허 준, 김성곤: 생강 전분과 옥수수 가교 전분의 이화학적 성질 비교. *한국식품과학회지*, **16**(2), 201(1984)
  25. 송범호, 김성곤, 이규환, 변유량, 이신영: 일반계 및 다수계 참쌀 전분의 점성 특성. *한국식품과학회지*, **17**(2), 107(1985)
  26. 윤계순: 동부와 녹두전분 Gel의 이화학적 및 물성특성에 관한 비교 연구. 연세대학교 박사학위논문(1988)
  27. Priestley, R.J.: Solubilization of starch fractions in rice varieties during cooking. In *Development in Food Carbohydrate*, Birch, G.G. and Shallenberger, R.S.(ed), Applied Science Publishers Ltd., London, Vol. I, p.141(1977)
  28. 정혜민, 안승요, 김성곤: 아끼바레 및 밀양 23호 쌀전분의 이화학적 성질비교. *한국농화학회지*, **25**(2), 67(1982)

---

(1989년 7월 25일 접수)