

쌀 전분의 이화학적 성질과 쌀밥의 경도

길복임 · 임양순* · 안승요

서울대학교 가정대학 식품영양학과, *강원대학교 사범대학 가정교육과

Physicochemical Properties of Rice Starch and Cooked Rice Hardness

Bog-Im Gil, Yang-Soon Im, and Seung-Yo Ahn

Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul

*Department of Home Economics, Kang Weon National University, Chun Cheon, Korea

Abstract

Physicochemical properties of starches from the rices of Akibare, Samgang and Mahatma and hardness of the cooked rice were examined. Water binding capacity and amylose content were higher in Samgang. Peak viscosity and breakdown were higher in order of Akibare, Samgang and Mahatma, while consistency and set back were reverse order. Hydrolytic patterns of three starches with 2.2N HCl at 35°C showed two distinct stages. Hydrolysis extent of Mahatma starch was lower than those of Akibare and Samgang starches. The relative crystallinities of these starches were higher in order of Mahatma, Akibare and Samgang. Mahatma was more resistant to heat and acid treatments, lower in water binding capacity and harder when it was cooked.

서 론

쌀의 취반 특성 및 식미는 주로 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비에 의해 크게 영향을 받는다고 알려졌다.¹⁾ 아밀로오스 함량이 많을수록 부드러운 정도(tenderness), 차진 정도(stickiness), 색(color), 윤기(gloss) 등이 저하되고 구수한 냄새는 증가한다.²⁻⁴⁾ 또한 단백질 함량도 중요한 인자로 작용하는데, 양이 적을수록 부드럽고 끈기가 있으며 구수한 냄새도 많다.⁵⁻¹⁰⁾ 그러나 같은 아밀로오스 함량을 갖는 품종간에도 밥맛의 차이가 있음이 발견되면서 아밀로오스의 양과 항상 비례적인 관계가 성립하지는 않음이 알려졌다.⁵⁻⁷⁾

지금까지 쌀의 취반 특성 및 식미에 대한 연구 결과를 보면, 아밀로오스 함량 및 호화특성,¹¹⁻¹³⁾

취반시 이화학적 성질의 변화,¹⁴⁻¹⁷⁾ 취반 방법에 따른 쌀밥의 관능적 특성 변화,¹⁷⁾ 밥의 저장 시간의 영향,¹⁸⁾ 밥의 기계적 측정과 관능적 평가 사이의 상관성,¹⁸⁾ 쌀 전분 희석 호화액의 유동학적 특성,¹⁹⁾ 쌀의 호화양상²⁰⁻²³⁾에 대한 연구가 이루어졌다.

본 연구에서는 쌀품종 간의 특성 차이를 규명하기 위하여 일반계 품종인 아끼바레(Japonica type), 다수계 품종인 삼강(Japonica×Indica type), 인디카 품종인 마하트마(Mahatma; 상품명)의 전분을 분리하여 그것의 이화학적 성질 및 산처리에 따른 상대적인 결정화도의 변화를 조사하고 밥의 단단한 정도를 기계적으로 측정하였다.

재료 및 방법

재 료

1986년 가을 경기도 화성군에서 수확된 아끼바

1988년 4월 25일 수리

Corresponding author: S.Y. Ahn

레(Japonica type), 충청남도 금산군에서 수확된 삼강(Japonica×Indica type), 그리고 미국 텍사스 주의 휴스턴 소재 Riviana Food Inc.에서 생산된 Mahatma(상품명, Indica type)를 실험재료로 사용하였다.

전분의 조제

전분의 조제는 알카리 침지법²⁴⁾에 따랐다.

전분의 이화학적 특성

전분의 물결합 능력은 Medcalf 및 Gilles의 방법²⁵⁾에 따라 측정하였다. 호화양상은 Brabender Visco Amylograph를 이용하여 Medcalf 및 Gilles의 방법²⁶⁾에 따라 조사하였다. 아밀로오스 함량은 Williams 등의 비색법²⁸⁾에 의하여 측정하였고 또한, 가용성과 불용성 아밀로오스 함량은 Shanty 등의 방법²⁷⁾에 의해 측정하였다.

전분의 산처리 및 상대적인 결정화도

1) 시료처리 : Biliaderis 등의 방법²⁹⁾에 따라 100 ml 삼각 플라스크에 각각 쌀전분 1.0g 과 2.2N HCl 40ml 적을 가하고 35°C 항온수조에서 가수분해시켰다. 산처리 기일이 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 22, 30일 경과된 때 플라스크를 꺼내 glass fiber filter (0.7µm pore size)를 통하여 흡인여과하였고 잔유물은 산과 가용성 전분을 제거하기 위해 증류수와 에탄올로 반복하여 씻었다.

얻어진 여과액을 250ml 로 정용하였고 미분해 전분을 P₂O₅를 넣은 진공 데시케이터에서 건조하여 시료로 사용하였다.

2) 가수분해를 측정 : 여과액의 총 당량을 phenol-sulfuric acid 법²⁹⁾으로 구하여 가수분해율을 계산하였다. 가수분해율로부터 1차 반응속도 상수 k를 계산하였다.

$$k = \frac{2.303}{t} \cdot \log \frac{100}{100-x}$$

t : 가수분해시간(days)

x : 가수분해율(%)

3) X-선 회절도 및 상대적인 결정화도

생전분 및 산처리 전분의 X-선 회절도는 X-ray diffractometer(JEOL JDX-5P)를 이용하여 target Cu, filter Ni 로 2θ 40°~5°까지 회절시켜 구하였다.³⁰⁾

상대적인 결정화도는 X-선 회절도를 이용하여 측정하였다. 그림 1과 같이 intensity가 최소가 되

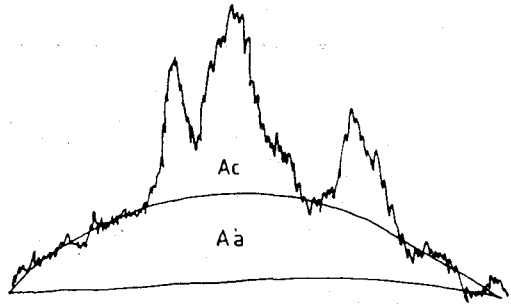


Fig. 1. X-ray diffraction pattern for relative crystallinity

A_c : Crystalline region, A_a : Amorphous region

는 점들을 부드러운 곡선으로 연결하여 윗 부분의 면적(A_c)을 결정성 영역으로, 그 아래 background까지의 면적(A_a)을 무정형 영역으로 나누어 A_c/(A_c+A_a)를 상대적인 결정화도로 정하였다.^{31,32)}

밥의 단단한 정도

쌀 200g 에 물 280g 을 가하여 취반하였으며 밥한 알에 대해 Rheometer(SUN-KAGAKU Co. LTD)로 압착검사를 행하여 단단한 정도를 측정하였다. Rheometer의 조작 조건은 type: one bite compression test, deformation: 75% of the cooked rice, force range: 1kg full range, table speed: 6cm/min, chart speed: 120cm/min 로 하였다.

결과 및 고찰

전분의 이화학적 특성

1) 물결합 능력

아끼바레, 삼강 및 마하트마 쌀 전분의 물결합 능력은 각각 112.61, 138.46, 110.42 로 아끼바레와 마하트마에 비해 삼강이 월등하게 높았다.

2) 팽윤력과 용해도

세 품종의 쌀 전분의 팽윤력과 용해도는 그림 2, 3 과 같다. 아끼바레와 삼강은 50°C 부터, 마하트마는 60°C 부터 팽윤이 일어나기 시작했고 온도가 상승함에 따라 아끼바레와 마하트마는 삼강에 비해 훨씬 큰 팽윤력을 보였으며 70°C 이후에서는 모두 완만하였다.

용해도의 변화양상은 팽윤력과는 달리 삼강, 아끼바레, 마하트마 순이었다.

3) 호화 양상

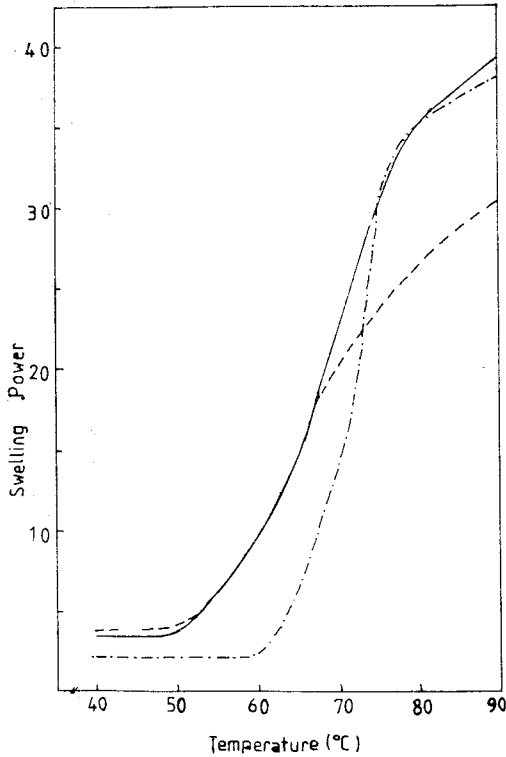


Fig. 2. Swelling power of Akibare (—), Samgang (---) and Mahatma (-·-) rice starches at 40~90°C

Brabender Amylogram에 의한 호화양상 결과는 표 1, 그림 4와 같다. 세 품종의 쌀 전분의 initial pasting temperature는 마하트마가 다른 두 품종에 비해 높은 편이었고 최고점도와 breakdown은 아끼바레, 삼강, 마하트마 순이었으며 consistency, set back은 마하트마, 삼강, 아끼바레 순이었다.

4) 아밀로오스 함량

총 아밀로오스 함량과 가용성 아밀로오스 함량

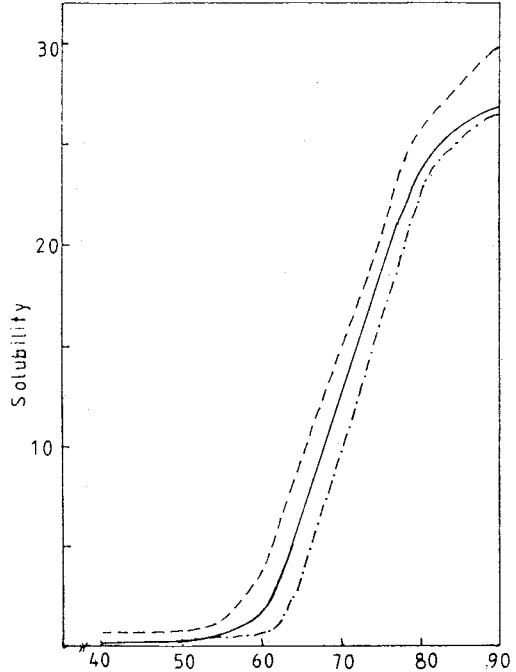


Fig. 3. Solubility of Akibare (—), Samgang (---) and Mahatma (-·-) rice starches at 40~90°C

을 비색법으로 측정된 결과는 표 2와 같다.

총 아밀로오스 함량은 삼강, 마하트마, 아끼바레 순으로 20% 내외였고 가용성 아밀로오스 함량도 같은 순서였다.

전분의 산처리 및 상대적인 결정화도

쌀 전분을 산처리한 결과, 그림 6과 같이 삼강은 6일, 아끼바레는 7일, 마하트마는 9일을 경계로 다른 기울기를 보여 산 가수분해 반응이 두 단계로 진행되었다. 이러한 현상은 찹옥수수 전분,³³⁾ 감자 전분,³⁴⁾ 두류 전분^{31,35)} 등에서도 보고

Table 1. Characteristic values for rice starches by amylograph

Characteristics	Variety	Akibare	Samgang	Mahatma
Initial pasting temp. (°C)		64.8	63.8	72.0
Peak height(B.U.) : P		718	582	495
Height at 95°C-15min. (B.U.) : H		188	227	240
Height at 50°C(B.U.) : C		430	678	815
Breakdown(P-H)		530	355	255
Set back(C-P)		-288	96	320

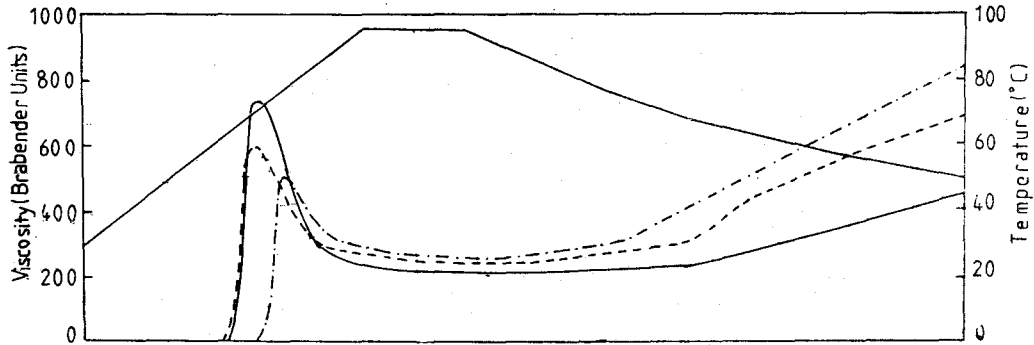


Fig. 4. Brabender viscosity curve of rice starches; Akibare (—), Samgang (---) and Mahatma (-.-)

Table 2. Amylose content of rice starches

Variety	Total amylose (%)	Soluble amylose (%)	Insoluble amylose (%)
Akibare	20.7	10.0	10.7
Samgang	22.5	13.2	9.3
Mahatma	21.2	9.1	12.1

되어 있다. Robin 등³⁶⁾과 Kainuma 등³⁷⁾은 산 가수분해의 두 단계 중 초기는 전분입자 내의 무정형 부분에서 일어나는 빠른 반응이고, 두번째 단계는 결정성 부분에서 일어나는 느린 반응이라고 하였다.

그림 5의 초기 직선식에서 구한 반응속도 상수는 아끼바레가 $9.12 \times 10^{-3} \text{hr}^{-1}$, 삼강이 $10.72 \times 10^{-3} \text{hr}^{-1}$, 마하트마는 $6.5 \times 10^{-3} \text{hr}^{-1}$ 로 마하트마 전분이 산에 의한 가수분해에 가장 큰 저항을 보였다.

쌀전분의 가수분해 정도는 16 일에서 78.9~93.4%로 밀 전분(73%), 옥수수 전분(70%), 찰 옥수수 전분(77%), 감자 전분(64%)보다 높는데 그 이유는 Maningat 등³⁹⁾이 지적했듯이 쌀전분의 입

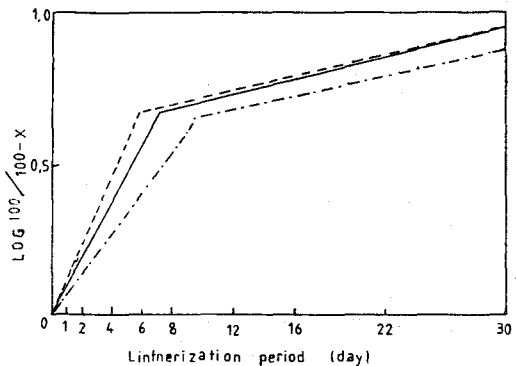


Fig. 5. Hydrolysis of Akibare (—), Samgang (---) and Mahatma (-.-) rice starches plotted as $\log 100/(100-x)$ vs lintnerization period(x; degree of hydrolysis)

자가 다른 전분에 비해 작고 표면적이 넓어서 산의 작용을 쉽게 받기 때문이라고 해석된다.

생전분과 산처리 전분의 X-선 회절도와 상대적인 결정화도는 그림 6, 표 3과 같다.

산처리 전분의 peak 위치는 생전분과 같은 A-type을 유지하나 생전분보다 18°, 23°에서 더 강한

Table 3. Relative crystallinity of raw and lintnerized starches

Variety	Day					
	0	1	4	8	12	22
Akibare	0.345(1)	0.380(1.10)	0.476(1.38)	0.524(1.52)	0.523(1.52)	0.514(1.49)
Samgang	0.311(1)	0.358(1.15)	0.445(1.43)	0.501(1.61)	0.491(1.58)	0.485(1.56)
Mahatma	0.399(1)	0.431(1.08)	0.499(1.25)	0.563(1.41)	0.559(1.40)	0.551(1.38)

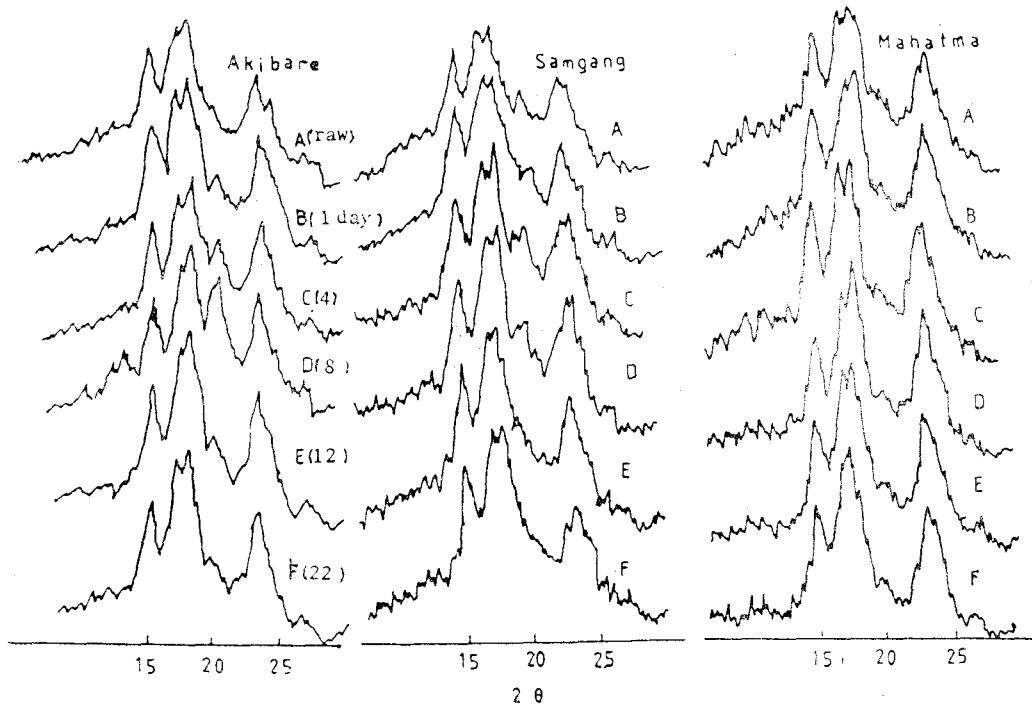


Fig. 6. X-ray diffraction patterns of linterized rice starches

peak를 나타냈다. Maningat 와 Juliano³⁸⁾에 따르면 낮은 복굴절 소실 온도(BEPT)를 갖는 전분을 산처리 한 경우, 생전분에서는 볼 수 없었던 peak가 나타난다고 했는데 그림에서 보듯이 호화온도가 낮은 아끼바레와 삼강의 산처리 전분에서도 20°에서 작은 peak가 나타났다가 산처리 시간이 8일이 되면서 다시 감소했다.

생전분의 상대적인 결정화도는 마하트마가 가장 높고 그 다음이 아끼바레, 삼강의 순서였다. 결정화도가 클수록 산이나 열에 대한 저항성이 크고 수분 흡수가 작아 물결합 능력이 작았다.

밥의 단단한 정도

Table 4. Analysis of variance and Duncan's multiple range test for instrumental measurement of cooked rice

Variety	hardness	stickiness	hardness/stickiness
Akibare	12.36 ^b	1.28 ^a	9.66 ^c
Samgang	12.11 ^b	0.70 ^b	17.30 ^b
Mahatma	22.04 ^a	0.06 ^c	367.33 ^a
F value	4.45*	37.85**	60.58**

제품종 쌀밥의 부착성과 정도/부착성의 비율 1% 수준에서 품종간에 유의하였으며 Duncan의 다중범위 검정에서도 세 품종의 밥이 뚜렷하게 구별되었다. 그러나 정도에서는 품종의 차이가 명확히 구별되지 않았다. 부착성은 아끼바레, 삼강, 마하트마 순으로 감소하였고 정도/부착성의 비는 그 반대의 결과를 보였다.

초 록

아끼바레(일반계), 삼강(다수계), 마하트마(인디카형) 등 세 품종의 쌀 전분에 대해서 이화학적 성질, 호화 양상, 산처리(linterization)실험을 하였고 밥의 단단한 정도를 Rheometer로 측정하였다. 물결합 능력과 아밀로오스 함량은 삼강이 가장 컸다. 최고점도와 breakdown은 아끼바레, 삼강, 마하트마 순인 반면 consistency, set back은 마하트마, 삼강, 아끼바레의 순이었다. 산 가수분해는 세 전분 모두 두 단계로 진행되었으며 마하트마 전분의 가수분해율은 아끼바레, 삼강보다 낮았다. 상대적 결정화도는 마하트마, 아끼바레, 삼강 순으로 높았다. 상대적 결정화도가 가장 큰 마하트마는 열이나 산처리에 강한 저항을 보였

고, 물결합 능력이 작았으며 취반시 더 단단하였다.

참 고 문 헌

1. Juliano, B.O.: In 'Processing of the workshop on chemical aspects of rice quality', IRRI, Los Banos, Philippines(1979)
2. Reyes, A.C., Albano, E.L., Briones, V.P. and Juliano, B.O.: J. Agr. Food Chem., 13: 438(1965)
3. Juliano, B.O.: Food Technol., June: 116 (1965)
4. Mossman, A.P., Fellers, D.A. and Suzuki, H.: Cereal Chem., 60 : 286(1983)
5. Juliano, B.O.: Food Chem., 20(3) : 714(1972)
6. Halick, J.V. and Kelly, V.J.: Cereal Chem., 36 : 91(1959)
7. Tsai, H.Y., Phillips, A.T. and Williams, V.R.: Agr. and Food Chem., 8 : 364(1960)
8. Yasukokainuma and Chiekoseki : 日本 家政學雜誌, 37(12) : 1039(1986)
9. Hibi, Y., Kobayashi, K., Shinichikitama and Kuge : 日本 家政學雜誌, 37 : 743(1986)
10. Matsunaga, A., Ishida, N. and Kainumal, K.: Nippon Shokuhin kogyo Gakkaishi, 32: 797(1985)
11. Juliano, B.O.: IRRI Research Paper series, No. 77, IRRI, Philippines(1982)
12. 정혜민, 안승요, 김성곤 : 한국농화학회지, 25 : 67(1982)
13. 김재욱, 이계호, 김동연 : 한국농화학회지, 15 : 65(1972)
14. 최홍식, 김성곤, 변유량, 권태환 : 한국식품과학회지, 10 : 52(1978)
15. 김광중, 변유량, 최형택, 이상규, 김성곤, 한국식품과학회지, 16 : 457(1984)
16. 김혜영, 김광욱 : 한국식품과학회지, 18 : 319 (1986)
17. 황진선, 김종균, 변명우, 장학길, 김우정 : 한국농화학회지, 30 : 118(1987)
18. 황진선, 김종균, 김우정 : 한국농화학회지, 30 : 109(1987)
19. 김영숙, 김규봉, 이신영, 변유량 : 한국식품과학회지, 16 : 11(1984)
20. 김성곤, 정혜민, 김상순 : 한국농화학회지, 27 : 135(1984)
21. 김성곤, 김상순 : 한국농화학회지, 28 : 142 (1985)
22. 황보정숙, 이관영, 정동효, 이서래 : 한국식품과학회지, 7 : 212(1975)
23. 김우정, 김종균, 김성곤 : 한국식품과학회지, 18 : 38(1986)
24. 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규 : 한국식품과학회지, 16 : 29(1984)
25. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Cereal Chem., 42 : 558(1965)
26. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: Cereal Chem., 47 : 411(1970)
27. Shantyl, A.P., Sowbhagya, C.M. and Bhat-tacharya, K.R.: Starch, 32 : 409(1980)
28. Biliaderis, C.S., Grant, D.R., and Vose, J. R.: Cereal Chem., 58 : 502(1981)
29. Dubios, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Robers, P.A. and Smith, F.: Anal. Chem., 28 : 350(1956)
30. Cullity, B.D.: Elements of X-ray diffraction, Addison-Wesley Publishing Co.(1959)
31. Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Voes, J.R.: Cereal Chem., 58 : 502(1981)
32. Komiya, T., Nara, S. and Tsu, M.: Starch, 38 : 9(1986)
33. Watmabe, T., Akiyama, Y., Takahashi, T., Matsumoto, A. and Matsuda, K.: Carbohydrates Research, 109 : 221(1982)
34. Konishi, Y., Nojima, H., Okuno, K., Asaoka, M. and Fuwa, H.: Agri. Biol. Chem., 49 : 1965(1985)
35. Colonna, P., Buleon, A. and Mercier, C.: J. Food Sci., 46 : 88(1981)
36. Robin, J.R., Mercier, C., Charbonniere, R. and Guilbot, A.: Cereal Chem., 51 : 389 (1974)
37. Kainuma, K. and French, D.: Biopolymers, 10 : 1673(1971)
38. Maningat, C.C. and Juliano, B.O.: Starch, 31 : 5(1979)