한국농화학회지 Vol. 27, No. 4, Dec. 1984
J. Korean Agricultural Chemical Society

수분—열처리에 따른 칡 전분의 물리화학적 성질

차환수 · 김 관 · 김성곤*

전남대학교 식품가공학과
*단국대학교 식품영양학과

(1984년 12월 5일 수리)

Modification of Physicochemical Properties of Arrowroot Starch by Heat-Moisture Treatment

Hwan-Soo Cha, Kwan Kim and Sung-Kon Kim*

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju
*Department of Food and Nutrition, Dankook University, Seoul

Abstract

Physicochemical properties of arrowroot starch, which was adjusted to 18, 21, and 24% moisture and heated at 100°C for 16hr, were investigated. X-ray diffraction patten was changed from C- to A-pattern upon treatment(24% moisture). The swelling powere and solubility decreased by heat-moisture treatment. The treated sample was gelatinized at higher temperature than untreated one. Water-binding capacity was drastically increased as the moisture level was decreased. Amylograph hot paste viscosities were decreased upon treatment.

머 리 말

전분은 제한된 수분 상태하에서 가열(수분—열처리)하면 전분의 성질이 현저히 달라지는 것으로 알려져 있다.[1~8] 밀 및 감자전분을 수분 18, 21, 24 및 27%로 조절한 다음 100°C에서 16시간 처리한 경우, 호화는 처리하지 않은 시료의 경우보다 높은 온도에서 일어나며, 물 결합 능력 및 효소에 의한 용해도가 증가한다.[4~6] 그러나 팽화력(swelling power) 및 아밀로그래피에 의한 점도는 감소되며, paste의 안정도는 증가된다.

수분—열처리에 따른 전분의 물리화학적인 성질의 변화정도는 곡류 전분과 지하전분이 다른 양상을 보인다고 알려져 있다.[2,4,5] 대체로 팽화력은 감소하고, 용해도는 곡류 전분의 경우 증가하나 지하 전분의 경우에는 감소한다. 또한 X-ray회절도는 곡류 전분의 경우 결정도가 다소 감소하며, 지하 전분의 경우에는 B형에서 A형으로 바뀌게 된다.[2,5,7,9] 일반적으로 수분—열처리한 지하 전분의 성질은 밀전분의 성질과 비슷한 양상을 보이는데, 이는 수분—열처리에 따른 전분 입자내의 물

리적 변화가 일어남을 가르킨다.[4] 최근 Donovan 들[8]은 수분—열처리한 밀 및 감자 전분을 differential scanning calorimeter로 조사한 결과 고온으로의 endothermal transition이 일어나며, 이는 biphasic endotherm의 양상을 보인다고 보고하였다. 이 사실은 수분—열처리한 전분입자는 두가지의 조직적인 구조(organized structure)를 가지고 있음을 가르킨다.

수분—열처리한 밀 및 감자 전분을 이용한 빵 제조 실험 결과[7]를 보면, 밀의 경우 오히려 기능이 감소되었으나 감자 전분의 경우에는 향상되었다. 이는 수분—열처리한 감자 전분의 성질의 변화에 기인하는 것으로서 전분 내부의 물리적 구조가 제빵에 중요한 인자임을 알 수 있다. 기타 곡류 전분(보리, 수수, triticale)도 수분—열처리에 따라 제빵 잠재력이 감소되었으나 지하 전분(칡, cassava)의 경우 향상되는 것으로 보고되어 있다.[7]

이상의 연구 결과를 토대로 할 때 전분의 성질 및 기능성(functionality)은 수분—열처리에 의하여 변경시킬 수 있음을 알 수 있다. 이러한 성질을 이용하여 전분의 용도를 다양하게 개발할 수 있는 가능성이 있다. 본 연구는 칡 전분의 이용도를 높이기 위한 기초연구로서 수분—열처리에 따른 물리화학적 성질을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용한 전분 및 전분의 일반 성질은 전보[10]와 같다.

2. 실험방법

1) 전분의 수분—열처리

전분의 수분-열처리 는 Sair[1]의 방법에 의하였다. 즉 시료 전분의 수분함량을 18, 21 및 24%로 조절한 다음, 용기에 밀봉하여 air oven에 넣어 100°C에서 16시간 동안 열처리한 후 실온에서 2일간 풍건하여 120 mesh로 쳐서 시료로 사용하였다.

2) 물리화학적 성질

시료 전분의 X-ray 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)를 사용하여 구하였으며, 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles[11]의 방법으로, 팽화력과 용해도는 Schoch[12]의 방법으로, 광투과도는 Wilson 들[13]의 방법으로 구하였다.

3) 전분 현탁액의 열호화

가. 표준곡선의 작성 : 호화도 0~100%인 칡 전분의 X-ray 회절도는 Owusu-Ansah들[14]의 방법에 따라 행하였다. 즉 물과 전분이 5 : 2가 되게 하여 autoclave에서 120°C, 1시간 동안 완전히 호화시킨 다음 진공 oven 속에 건조시켜 유발로 마쇄한 다음 120 mesh의 체로쳐서 100%호화전분 시료로 사용하였다. 호화도 0~100%의 시료는 생전분(호화도 0%)과 100%호화 전분을 비례적으로 혼합하여 얻었다. 호화도가 다른 시료의 X-ray 회절은 위에서와 같이 행하였으며 회절각도(2θ) 22.8°에서의 peak 높이의 감소로부터 호화도를 계산하였다.

나. 전분 현탁액의 열호화 : 6% 전분 시료(control, 24% H_2O) 현탁액을 50°C 부터 5°C 간격으로 75°C까지 각각 20분간씩 가열 처리한 다음 즉시 메탄올과 에테르로 탈수시키고 진공 desiccator에서 P_2O_5 하에서 건조하여 X-ray 회절법을 사용하여 호화도를 관찰하였다.

4) 호화양상

시료의 호화양상은 Brabender/Visco/ Amylograph를 이용하여 Medcalf와 Gilles[15]의 방법에 따라 그 특성치를 분석하였다.

사용한 시료의 농도는 6%(건물중)이었다.

시료를 증류수와 잘 혼합한 다음 30°C에서 95°C까지 1분당 1.5°C씩 상승시키고 95°C에서 15분간 유지시킨 다음 다시 1분당 1.5°C의 속도로 50°C까지 냉각시키면서 점도 변화를 측정하였다.

결과 및 고찰

X-ray 회절도

수분—열처리에 따른 칡 전분의 X-ray 회절도는 Fig. 1과 같다. 수분을 처리하지 않은 칡 전분은 2θ가 15.3° 및 17.3°에서 강한 peak를, 18.3° 및 23.5°에서 비교적 강한 peak를 보여 전형적인 C형[16]을 나타내었다.

수분함량 18 및 21%에서 열처리한 칡 전분은 수분을 처리하지 않은 경우와 비슷한 X-ray 회절양상을 보였다. 그러나 수분(24%)—열처리한 경우에는 2θ가 15.7°, 17.1°, 18.1° 및 23.3°에서 강한 peak를 보였는데(Fig. 1), 이는 A형의 전형적인 pattern[16]을 나타낸다. 이는 Lorenz와 Kulp[2] 및 Sair[3]의 결과와 일치하였다.

일반적으로 곡류전분(보리, 수수, 밀, triticale)

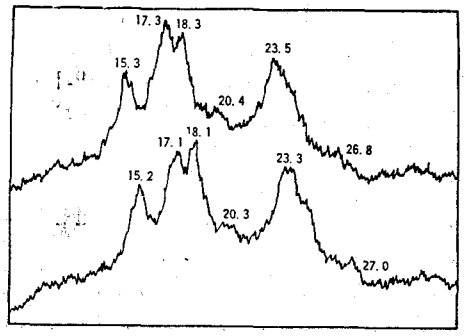

Fig 1. X-ray diffraction pattern of arrowroot starch. Top: Untreated starch. Bottom: Heat-moisture treated at 24% moisture. The numbers identifying the peaks are reflection angles(2θ)

을 수분(24%)—열처리후에 결정정도는 다소 감소하나 특징적인 A형을 유지[2,3]하는 반면, 지하전분의 경우에는 결정구조가 변형되는 것으로 알려져 있다. 예를 들면 Cassava 전분은 C형에서 A형으로[2] 감자 전분은 B형에서 C형으로 변형되니 결정정도는 변하지 않는다고[4] 알려져 있다.

전분 현탁액의 광투과도

시료 전분 0.1% 현탁액을 가열하면서 광투과도를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 수분을 처리하지 않은 전분의 광투과도는 65℃부터 급격히 증가하였으며 single stage의 호화양상을 보였다. Ciacco와 D'Appolonia[17]도 칡 전분은 sigle stage의 호화 양상을 보인다고 보고하였다. 그러나 수분 24%에서 열처리한 전분은 70℃ 이후부터 광투과도가 증가하였으나 그 증가폭은 낮았다.

Lorenz와 Kulp[2]는 칡 전분의 호화온도는 60°~73.5℃, 수분 24%에서 열처리한 경우에는 68.5°~83℃라고 보고하였다. 즉 수분 함량이 증가할수록 열처리에 의하여 초기 및 최종호화온도는 높아지게 된다. 이는 Fig. 2의 결과와 같은 경향이었다.

수분—열처리에 의하여 호화온도는 상승하는 현상, 즉 호화시키기가 어렵게 되는 현상은 밀,[2,5] 보리,[2] 수수,[2] triticale[2] 등의 곡류전분 및 cassava[2], 감자[3~5] 등의 지하전분에서도 일어나는 것으로 알려져 있다.

팽화력과 용해도

수분 열처리한 칡 전분의 팽화력은 Table 1과 같다. 수분을 처리하지 않은 칡 전분의 팽화력은 온도가 상승함에 따라 점차 증가하였다. 그러나 수분 처리 수준이 높아질 수록 같은 온도에서의 팽화력은 감소하는 경향을 보였다. 이는 Fig.2에서 보는바와 같이 수분—열처리에 의하여 광투과도가 억제되는 현상과 일치하는 결과이었다.

수분—열 처리에 의한 전분의 팽화력의 감소 현상은 곡류 전분(밀, 보리, 수수 등)[2,4,5] 및 지하전분(cassava, 감자)[2,4,5,18] 등에서도 일어나는 것으로 보고되어 있다.

칡 전분의 초기 호화온도(60℃)[2] 및 Fig. 2의 광투과도의 결과를 기준으로 볼때, 60℃ 이하에서 칡 전분의 팽화력은 약간 또는 거의 일어나지 않음을 알 수 있다. Lorenz와 Kulp[2]도 이와 비슷

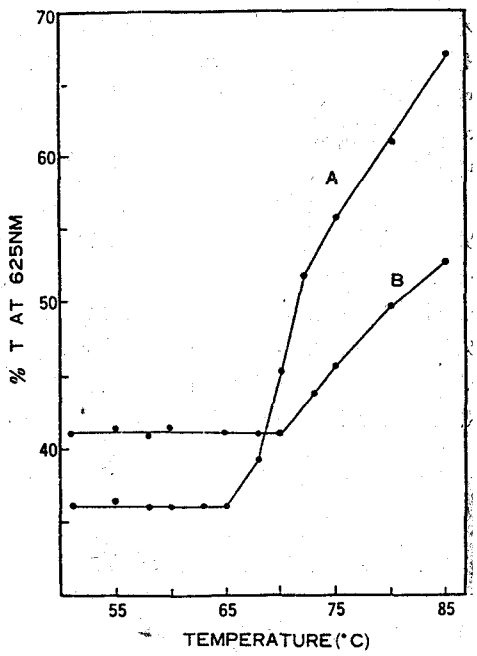

Fig 2. Changes in transmittance of 0.1% heat-moisture treated arrowroot starch. A: Untreated starch. B: Heat-moisture treated at 24% moisture.

Table 1. Swelling power of heat-moisture treated arrowroot starch

Temperature (℃)	Moisture treatment			
	None	18% H_2O	21% H_2O	24% H_2O
50	2.1	2.1	2.2	2.2
60	3.1	2.8	2.9	2.7
70	6.6	6.0	5.3	5.0
80	8.2	7.7	7.3	7.1
90	9.6	9.1	8.8	8.0

한 결과를 보고하였다.

수분—열처리한 칡 전분의 용해도는 Table 2와 같다. 온도 상승에 따라 용해도는 점차 증가하였다. 수분—열처리한 시료의 경우 60℃이하에서는 수분의 처리가 증가함에 따라 용해도가 수분을 처리하지 않은 시료보다 높은 값을 보였다. 그러나 70℃ 이상에서는 오히려 감소하였다. 이는 Lorenz와 Kulp[2]의 결과와 일치하는 경향이었다.

수분—열처리한 칡 전분의 팽화력과 용해도와의 관계를 보면 수분(24%)—열처리한 전분은 수분을 처리하지 않은 시료보다 동일 팽화력에서 높은 용해도를 보였다. 이러한 현상은 밀 전분[2]에서도 일어나는 것으로 보고되어 있다.

물 결합 능력

수분—열처리한 칡 전분의 물결합 능력은 Table 3과 같다. 전분의 물결합 능력은 수분처리 정도가 높아갈수록 증가하였으며, 그 정도는 Lorenz와 Kulp[2]의 결과와 비슷하였다. 곡류 전분(보리, 수수, triticale)[2] 및 지하전분(cassava, 감자)[2,5]의 물 결합 능력도 수분—열처리에 의하여 증가된다. 그러나 이들 전분의 경우 그 증가폭은 아주 작아 수분—처리하지 않은 경우보다 10% 정도 높은 값을 보였다.[2,5] 이에 대하여 칡 전분은 Table 2에서 보는 바와 같이 수분—열처리에 따라 물 결합 능력이 증가하였으며, 이러한 증가 현상은 수분처리 수준이 높아질수록 더욱 현저하였다. 이러한 물 결합 능력의 특징적인 증가 현상은 밀 전분[4,5]에서도 관찰되었다.

호화양상

가. 전분 현탁액의 열호화 특성

호화도 0~100%인 칡 전분의 X-ray 회절도는 Fig. 3과 같다. 회절각도 22.8°에서 peak의 감소비율로부터 구한 호화도의 표준곡선은 Fig. 4와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 호화도 0~100%

Table 2. Solubility of heat-moisture treated arrowroot starch

Temperature (℃)	Moisture treatment			
	None	18% H_2O	21% H_2O	24% H_2O
50	0.1	0.2	0.4	0.4
60	0.5	0.6	0.8	0.9
70	3.1	3.0	2.9	2.8
80	4.5	4.4	4.4	4.2
90	5.0	4.7	4.6	4.3

Table 3. Water-binding capacity of heat-moisture treated arrowroot starch

Moistuer treatment	Water-binding capacity	
	Present study	Lorenz & Kulp[2]
None	81.5	81.9
18% H_2O	79.8	72.1
21% H_2O	92.8	94.8
24% H_2O	106.7	116.1
27% H_2O	—	153.9

인 표준시료의 호화도와 X-ray peak의 감소 비율과는 높은 상관(99.9%)관계를 보였다.

수분을 처리하지 않은 칡 전분 및 수분(24%)—열처리한 현탁액(6%)을 여러온도에서 호화시킨시료의 X-ray 회절도는 Fig. 5 및 6과 같다. Fig. 5 및 6의 결과로부터 Fig. 4의 표준곡선을 사용하여 호화도를 계산한 결과는 Table 4와 같다. 수

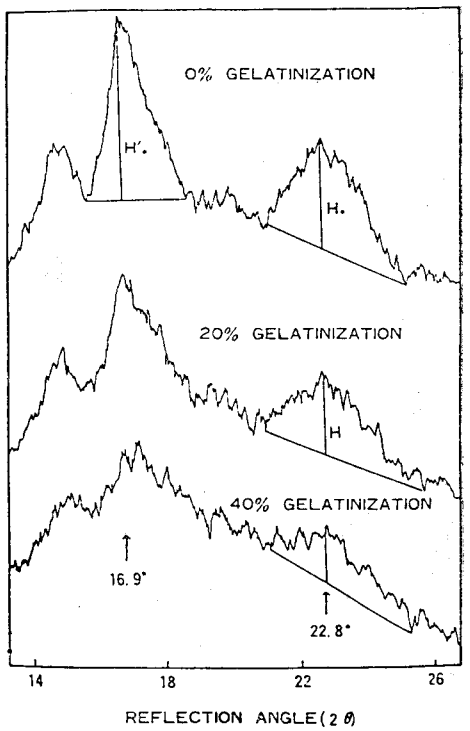

Fig 3. X-ray diffractogram for mixture of 0~100% gelatinized starch samples. H'_0=peak height of raw starch initially used as internal standard; H_0=peak height of raw starch used as internal standard; H=peak height of starch undergoing gelalinization.

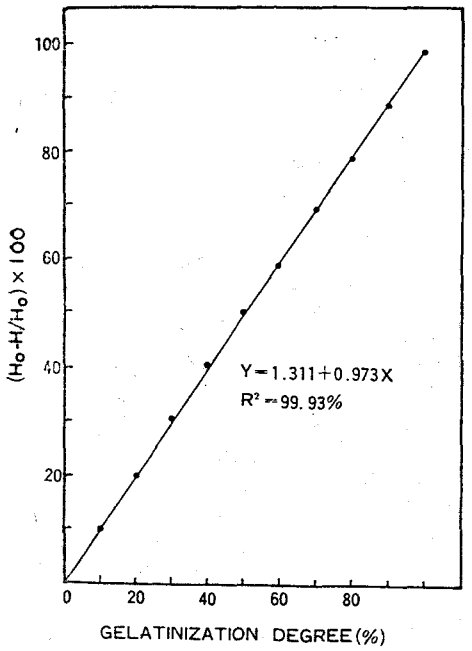

Fig 4. Percentage ratio of peak decrease for mixture of 0~100% gelatinized starch samples.

분을 처리하지 않은 칡 전분의 경우 60°C 이후 호화도는 급격히 증가하였고, 그 이후에는 호화도의 증가가 완만하였다. 그러나 수분(24%)—열처리한 시료는 65°C 이후 호화도가 급격히 증가하였으며, 호화도는 수분을 처리하지 않은 전분보다 다소 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 광투과도(Fig. 2) 및 팽화력(Table 1)의 결과와 같은 경향이었다.

칡 전분 5% 수용액의 호화는 45°C 근처에서 시작되며, 55°C까지는 서서히 증가하고, 이후 70°C까지 급격히 증가하는 것으로 보고되어 있다.[19] 이러한 사실은 Table 4의 결과와 비슷한 경향이었다.

칡 전분은 50°C 이상에서는 아밀로스와 아밀로펙틴이 동시에 호화되는데, 이는 다른 전분에 비하여 칡전분의 특징적인 현상으로 알려져 있다.[19]

나. 아밀로그람

일반적으로 전분의 팽화력과 아밀로그래피에 의한 호화양상과는 관계가 없는 것으로 알려져 있다.[2,5] 따라서 전분의 기능적인 특성을 알기 위해서는 이 두 가지는 별도로 측정하게 된다.[6]

수분—열처리한 칡 전분의 아밀로그람 특성값은 Table 5와 같다. 수분을 처리하지 않은 칡 전분의

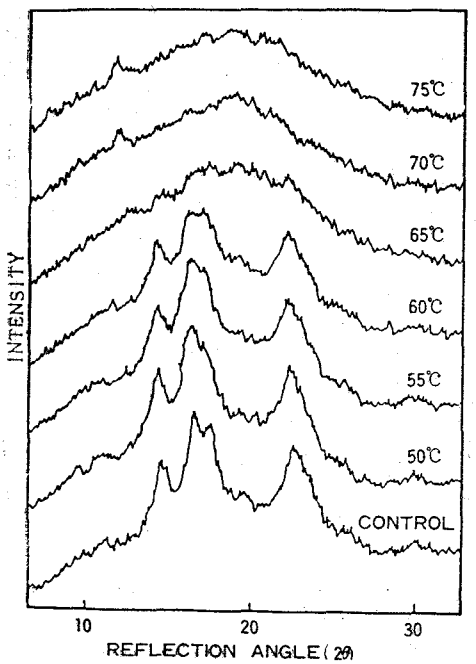

Fig 5. X-ray diffraction pattern of untreated arrowroot starch at various pasting temperatures.

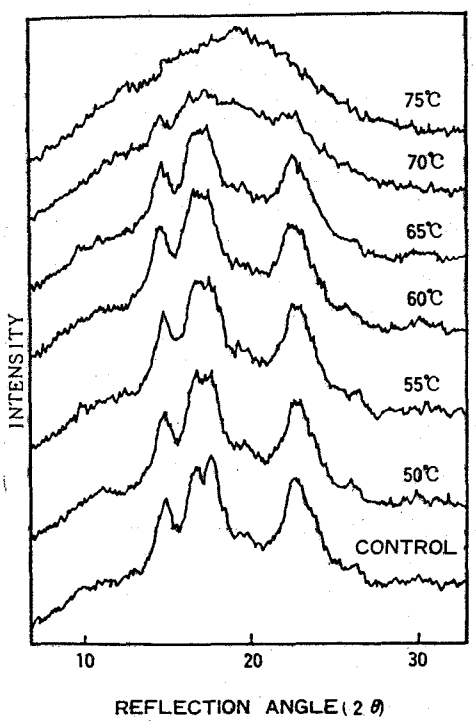

Fig 6. X-ray diffraction pattern of heat-moisture(24%) treated arrowroot starch at various pasting temperatures.

Table 4. Degree of gelatinization of heat-moisture treated arrowroot starch(6%) at various temperatures

Temperature (°C)	Degree of gelatinization(%)	
	Untreated	24% H_2O
50	1.5	2.3
55	18.1	10.5
60	22.9	21.4
65	84.3	29.4
70	89.2	81.2
75	91.5	85.8

경우, 95°C에서의 점도는 340 B.U. 이었으며 최고 점도는 나타나지 않았다. 또한 50°C로 냉각후의 점도도 480B.U.로서 그 증가는 완만하였다. 이는 칡 전분은 가열 또는 냉각에 대하여 상당히 안정된 paste점도를 보인다는 보고[2,19,20]와 일치하는 결과이었다. 칡 전분의 점도는 감자 또는 타피오카 전분보다 아주 낮은 값을 보이고, 칡전분의 아밀로그람은 밀 전분의 그것과 비슷한 양상을 보인다고 알려져 있다.[19]

Brabender hot-paste의 점도 양상은 전분 입자의 팽화정도 및 열 또는 shear force에 대한 전분 팽윤입자의 저항에 의하여 결정된다.[21] 따라서 칡 전분의 점도는 95°C에서 15분간 유지한 후에도 점도가 다소 상승(Table 5)함은 swollen granule이 열 및 shear force에 대하여 안정하다는 것을 가르킨다.

수분—열처리한 칡 전분의 호화온도는 수분을처리하지 않은 경우보다 높았으며, 점도는 감소하였다(Table 5).

초 록

칡 전분의 수분을 18, 21 및 24%로 조절하고, 100°C에서 16시간 가열 처리한 다음, 물리화학적 성질을 규명하였다. X-ray 회절 양상은 수분을 24%에서 열처리한 경우 C형에서 A형으로 전환되었고, 수분 처리 수준이 높아질수록 팽화력 및 용해도는 감소하였다. 수분(24%)—열처리한 시료는 동일팽화력에서 대조구보다 높은 용해도를 보였으며, 물 결합 능력은 수분처리 수준이 높을수록 현저히 증가하였다. 칡 전분은 가열 및 냉각에 대하여 안정된 paste점도를 보였으며, 수분—열처리에 의하여 호화온도는 증가하였고 점도는 감소하였다.

참 고 문 헌

1. Sair, L.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.283, Academic Press: New York, N.Y.(1964).
2. Lorenz, K. and Kulp, K.: Staerke, 34 : 50 (1982).
3. Sair, L.: Cereal Chem., 40 : 8(1967).
4. Lorenz, K. and Kulp, K.: Staerke, 35 : 123 (1983).
5. Kulp, K. and Lorenz, K.: Cereal Chem., 58 : 46(1981).
6. Miller, B.S., Derby, R.I. and Trimbo, H. B.: Cereal Chem., 50 : 271(1973).
7. Lorenz, K. and Kulp, K.: Cereal Chem., 58 : 49(1981).
8. Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: Cereal Chem., 60 : 381(1983).
9. Lorenz, K. and Kulp, K.: Staerke, 34 : 76 (1982).
10. Kim, K., Yoon, H.K. and Kim, S.K.: J. Korean Agr. Chem. Soc., 27 : 245(1984).
11. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Cereal Chem., 42 : 558(1965).
12. Schoch, T.J.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.106, Academic Press: New York, N.Y.

Table 5. Amylograph data on heat-moisture treated arrowroot starch(6%, db)

Moisture treatment	Initial pasting temp.(°C)	Height at 95°C(B.U.)	Height at 95°C after 15min(B.U.)	Height at 50°C(B.U.)
None	75.0	340	370	480
18% H_2O	88.5	160	360	460
21% H_2O	91.5	30	280	380
24% H_2O	93.0	30	220	320

(1964).

13. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Cereal Chem., 55 : 661(1978).
14. Owusu-Ansah, J., van de Voort, F.R. and Bediako-Amoa, B.: Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 13 : 131(1980).
15. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Staerke, 4 : 101(1966).
16. Zobel, H.F.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p. 109, Academic Press: New York, N.Y. (1964).
17. Ciacco, C.F. and D'Appolona, B.L.: Cereal Chem., 54 : 1096(1977).
18. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J.: Cereal Chem., 36 : 534(1959).
19. Suzuki, A., Hizukuri, S. and Takeda, Y.: Cereal Chem., 58 : 286(1981).
20. Aoki, M. and Tani, Y.: J. Home Econ. (Japan), 26 : 249(1975).
21. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Anal. Chem., 28 : 382(1956).