

자색고구마 전분의 이화학적 특성

최차란 · 임종환* · 박양균*†

전남대학교 식품영양학과
*목포대학교 식품공학과 및 식품산업기술연구센터

Physicochemical Properties of Purple-Fleshed Sweet Potato Starch

Cha-Ran Choi, Jong-Whan Rhim* and Yang-Kyun Park*†

Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

*Dept. of Food Engineering and Food Industrial Technology Research Center,
Mokpo National University, Mokpo 534-729, Korea

Abstract

Physicochemical properties and gelatinization patterns of purple-fleshed sweet potato starch were studied. Shape of starch granule was round and polygonal, X-ray diffraction pattern was Ca-type. Amylose content was 14.4% which was lower than that of other sweet potato starch. Water binding capacity was 82.54%, swelling power and solubility at 80°C were 27.94% and 15.35%, respectively. Initial temperature of gelatinization was 72°C using Brabender/Visco/Amylograph, consistency and setback were lower than those of other sweet potato starch. The peak temperature and enthalpy determined by DSC were 68.1°C, 1.24 cal/g, respectively. The transmittance of starch dispersions in alkaline solutions increased with NaOH concentration up to 0.17 N, and then changed slowly at 0.19 N or above. The apparent viscosities were similar to the transmittance of starch dispersions in alkaline solutions, but drastically increased above 0.21 N.

Key words: purple-fleshed sweet potato, starch, physicochemical properties, gelatinization

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 감자, 카사바 등과 함께 중요한 탄수화물 및 열량원으로서 단위 면적 당 수확량이 많고 열악한 환경조건에서도 잘 견디며 다방면으로 이용되어 경제성이 높은 작물로 알려져 있다(1,2). 가정에서는 괴근을 그대로 식용으로 하는 경우가 많으며 이외에 전분을 분리하여 당면, 물엿, 주정 등의 각종 가공식품의 원료로 사용하거나 증점제 등 첨가물로서 식품산업에 이용되고 있으며 고구마 자체를 스낵이나 플레이크 형태로 가공하기도 한다(3).

고구마는 품종에 따라 독특한 특성을 가지고 있으며, 최근에는 고구마의 기능성과 가공이용성을 향상시킨 새로운 품종의 고구마가 육성되고 있다. 이중에 새로운 천연 식용색소원으로 주목을 받고 있는 자색고구마는 육색 깔이 진한 자색을 띠는 품종으로 수용성 색소인 안토시아닌을 다량 함유하고 있어 일반 고구마와는 다른 특징을 가지고 있으며 다른 안토시아닌 색소에 비해 비교적 열과 광선에 안정하다고 알려져 있다(4,5). 최근에 국내에서는 자색고구마를 새로운 천연식용색소원으로 개발하기

위한 연구의 일환으로 자색고구마 색소의 추출과 특성(4) 및 자색고구마 색소의 안정성(6)에 관한 연구와 전처리 방법에 따른 자색고구마 색소의 추출효과(7), 자색고구마 색소의 가열에 대한 속도론적 연구(8), 막분리에 의한 자색고구마 색소의 농축(9) 등에 관한 일련의 연구가 이루어졌다. 일본에서는 건강식품으로서 자색고구마에 관심을 갖고 있으며(10) 국내에서도 팔고물, 쥬, 주정발효 등의 대체물로 연구개발 중에 있다(11). 또한, 자색고구마의 영양성분은 일반 고구마와 비슷한 수준을 보이고 있으며 주성분인 전분함량은 59.4%로 일반고구마의 57.9%와 차이가 없어 전분제조용으로서의 가능성도 있다(11). 고구마 및 이로부터 분리한 전분의 이화학적 특성은 품종, 토양 등 재배조건에 따라 차이를 보이는데(12) 고구마의 효용가치를 높이고 기능성을 향상시키기 위해 다양한 품종 개발과 더불어 고구마의 이화학적, 영양학적 특성 및 가공적성 등에 대한 연구가 필요하다. 그러므로 목적에 따라 자색고구마에서 색소와 전분을 분리하여 사용하면 활용도가 증가할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 자색고구마 전분을 식품가공에 활용하고자 할 때 필요한 기초 자료를 제공하기 위하여 자색고구마 전분을 분리해서 전

† To whom all correspondence should be addressed

분의 이화학적 및 호화특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

호남농업시험장 목포시험장에서 재배한 자색고구마를 시료로 사용하였다.

전분의 분리 및 일반성분 분석

전분의 분리는 알칼리 침지법을 이용하였고, 수분, 단백질, 회분 및 지방질 함량은 AOAC 방법(13)에 따라 정량하였다.

전분 입자의 성상

전분 입자의 성상은 주사전자현미경(scanning electron microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 사용하여 1,000배로 확대하여 관찰하였다.

입자의 결정형

X-선 회절도는 X-ray diffractometer (D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 Target : Cu-K α , Filter : Ni, 40 kV, 20 mA, Full scale range : 3000 cps에서 2 θ 40~5°까지 회절시켜 측정하였다. 이때 시료는 전분 현탁액을 55, 60, 65 및 70°C에서 30분간 가열한 후 에탄올로 즉시 탈수하고 진공건조하여 사용하였다.

이화학적 성질 측정

아밀로오스 함량은 Williams 등(14)의 방법으로 정량하였고, 물결합능력은 Medcalf와 Gilles(15)의 방법, 팽윤력과 용해도는 Schoch(16)의 방법에 따라 측정하였다.

호화 특성 측정

전분의 호화는 시차주사열량기(PL DSC-700, PL Thermal Sci., U.K.)를 사용하여 Shin(17)의 방법에 따라 물과 전분의 비를 2:1로 30°C에서 120°C까지 10°C/min으로 가열하여 endotherm peak를 얻어 이로부터 호화개시온도(T_0), 호화점온도(T_p), 호화종료온도(T_c) 및 호화엔탈피(ΔH)를 구하였다. 아밀로그래프에 의한 호화양상은 7% 전분 현탁액을 Brabender/Visco/Amylograph (Brabender Instruments Inc., USA)를 이용하여 Medcalf와 Gilles(15)의 방법에 따라 측정하였다. 알칼리 호화에 의한 점도변화는 Maher(18)와 Kim 등(19)의 방법에 따라 전분 3 g을 50 mL 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 넣어 1분간 교반시킨 다음 1.0 N NaOH 용액을 가하여 최종 농도가 각각 0.17~0.21 N NaOH의 7.5% 전분 용액

40 mL가 되도록 하였다. 이것을 30초 동안 교반한 후 Brookfield 점도계(Brookfield viscometer, model LVF, USA)를 사용하여 spindle No. 4, 회전 속도 12 rpm으로 30초 간격으로 30분간 점도 변화를 측정하였다.

알칼리 호화에 의한 광투과도의 변화는 Wilson 등(20)의 방법을 수정하여 전분 0.4 g(건량 기준)을 300 mL 삼각플라스크에 취하고 최종 농도가 각각 0.14~0.27 N NaOH인 0.2% 전분 용액이 되도록 한 다음, 30초간 교반하고 30초 간격으로 분광광도계(8452A, Hewlett-Packard, USA)로 625 nm에서 측정하였다.

결과 및 고찰

전분의 일반성분 및 이화학적 성질

자색고구마 전분의 일반성분은 Table 1과 같이 단백질 0.07%, 회분 0.13%, 조지방질 0.29%로서, 일반고구마 전분의 조지방질 함량 0.04~0.08%(21), 0.09~0.11%(22)에 비해서 조지방질 함량이 상당히 높았다. 전분에서 지방질은 전분의 호화 및 노화 특성에 영향을 미치므로 자색고구마의 호화 및 노화 특성이 일반고구마 전분과 다를 것으로 예측되었다.

아밀로오스 함량은 14.36%로(Table 1) 일반 큐슈지방에서 재배한 자색고구마 전분의 15.3~16.6%(10)나 일반고구마 전분의 17.2~20%(23-25)보다 낮게 나타났다. 이는 본 실험에서 사용한 자색고구마 전분이 일반고구마 전분보다 지방질 함량이 높아 아밀로오스가 지방질과 복합체를 형성하여 상대적으로 아밀로오스의 함량이 낮은 것으로 생각되었다. 물결합능력은 82.54%(Table 1)이고, 팽윤력과 용해도는 Fig. 1과 같이 60°C에서 급격히 증가하기 시작하여 80°C에서의 팽윤력과 용해도가 각각 27.94%와 15.35%로 Lee와 Shin(22)의 일반고구마 전분과 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 율미 품종의 경우 80°C에서의 팽윤력과 용해도가 각각 28.17%와 14.20%(26), 황미 품종이 37.0%와 17.8%(22)로 보고되어 품종간에도 이화학적 성질의 차이가 있는 것으로 보고되어 있다.

전분 입자의 성상 및 결정형

전분 입자의 모양은 Fig. 2에서와 같이 둥글거나 다각

Table 1. Proximate composition and physicochemical properties of purple sweet potato starch

Proximate composition	
Moisture (%)	10.31
Protein (N \times 6.25) (%)	0.07
Crude lipid (%)	0.29
Ash (%)	0.13
Physicochemical properties	
Amylose content (%)	14.36
Blue value	0.0035
Water binding capacity (%)	82.54

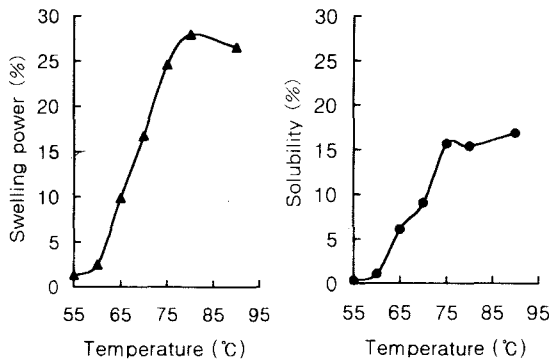


Fig. 1. Swelling power and solubility patterns of purple sweet potato starch.

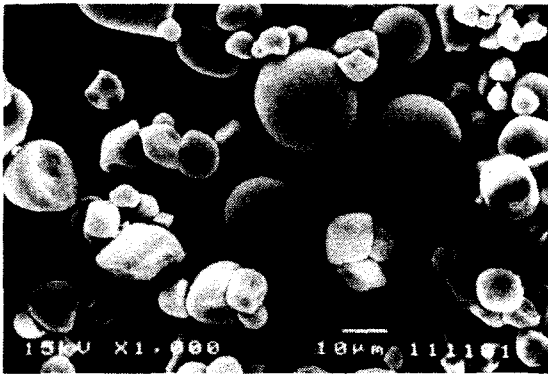


Fig. 2. Scanning electron micrograph of purple sweet potato starch (×1,000).

형으로 일반고구마 전분의 모양(26,27)과 동일하였다. X-선 회절도에 의한 자색고구마 전분의 결정형(Fig. 3)은 회절각도 15.6°, 17.2°, 23.1°에서 강한 피크를 보이는 Ca형으로서 일반고구마 전분(28)과 같았고, 65°C 이상의 온도에서 호화에 의한 결정성의 소실을 볼 수 있었으며 이는 팽윤력의 결과와도 일치된다.

전분의 호화 특성

7% 농도로 측정된 아밀로그래프의 호화양상인 아밀로그래프로부터 구한 특성값은 Table 2와 같다. 호화개시온도는 72°C로 최고점도(P)가 없이 높아진 점도가 계속 유지되는 양상을 보여 일반 고구마 전분과 같은 경향이었으나 50°C로 냉각시켰을 때 점도의 증가가 매우 낮았고, 점도의 변화로써 노화경향을 예측할 수 있는 consistency와 setback의 경우 각각 30으로 낮은 값을 보여 노화가 늦게 일어날 것으로 사료된다. 시차주사열량기에 의한 호화양상(Table 2)은 호화개시온도가 62.5°C로 아밀로그래프에 의한 결과보다 낮았으며 호화피크온도는 68.1°C였다. 또한, 호화엔탈피(ΔH)는 1.24 cal/g으로 일반고구마 전분(황미, 수원 147)의 2.1 cal/g, 2.5 cal/g(22)에 비

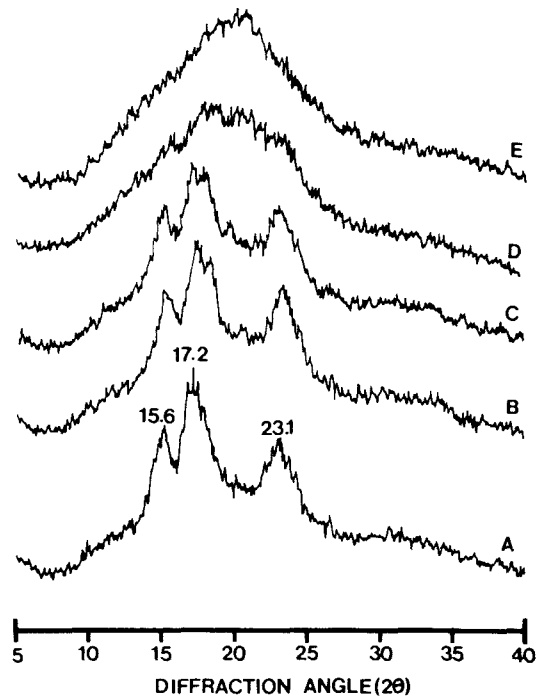


Fig. 3. Changes of X-ray diffraction patterns of gelatinized purple sweet potato starch at various temperatures. (A) Native (B) 55°C (C) 60°C (D) 65°C (E) 70°C

Table 2. Gelatinization characteristics of purple sweet potato starch by amylograph and DSC

Pasting characteristics ¹⁾	
Initial pasting temp. (°C)	72.0
Peak viscosity (B.U.): P	630
Viscosity after 15 min at 95°C (B.U.): H	630
Viscosity at 50°C (B.U.): C	660
Breakdown (B.U.): P-H	0
Consistency (B.U.): C-H	30
Setback (B.U.): C-P	30
DSC ²⁾ characteristics	
Onset temperature, To (°C)	62.4
Peak temperature, Tp (°C)	68.1
Conclusion temperature, Tc (°C)	75.9
Enthalpy of endotherm, ΔH (cal/g)	1.24

¹⁾Pasting characteristics of 7% purple sweet potato starch by amylograph.

²⁾Starch and H₂O ratio 1 : 2, Heating rate 10°C/min.

해 낮은 값을 보였다.

7.5% 자색고구마 전분 현탁액을 0.17 N~0.21 N NaOH 용액으로 알칼리 호화시키면서 점도 변화를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 일반고구마 전분은 0.17 N NaOH 용액에서도 급격한 점도의 증가를 보여(29) 30분 후에는 거의 일정한 점도 5.6 × 10⁴ cps를 나타내었는데 이에 비해 자색고구마 전분은 0.17 N NaOH 용액에서 점도의 변화가 거의 없었고 0.19 N NaOH 용액에서는 12분 경과 후에 서서

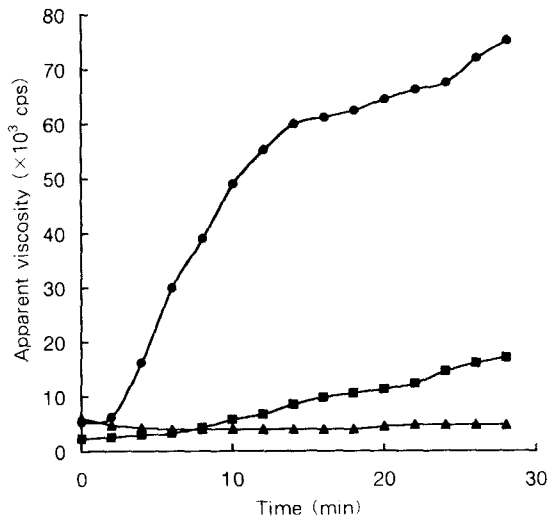


Fig. 4. Alkali gelatinization patterns of purple sweet potato starch at various NaOH concentrations.
 ▲ : 0.17 N NaOH, ■ : 0.19 N NaOH, ● : 0.21 N NaOH

히 점도가 증가하였으나 그 정도는 미미하였고 0.21 N NaOH 용액에서 점도가 급격히 증가하였다. Choi 등(30)은 실온에서 알칼리에 의한 호화는 OH 기가 전분 분자 사이에 들어가 결정성 부분을 무정형으로 변화시키므로 높은 농도의 알칼리가 필요하다는 것은 결정성 부분이 많거나 더 강한 결합을 하고 있을 것이라고 하였고, Maher (18)는 일반적으로 전분의 종류에 따라 알칼리 임계농도 및 호화양상이 다르다고 보고하였다. 알칼리 농도에 따른 광투과도의 변화는 Fig. 5와 같이 알칼리 농도가 증가할수록 광투과도가 증가하였으나 0.15 N 이하의 낮은 알칼리

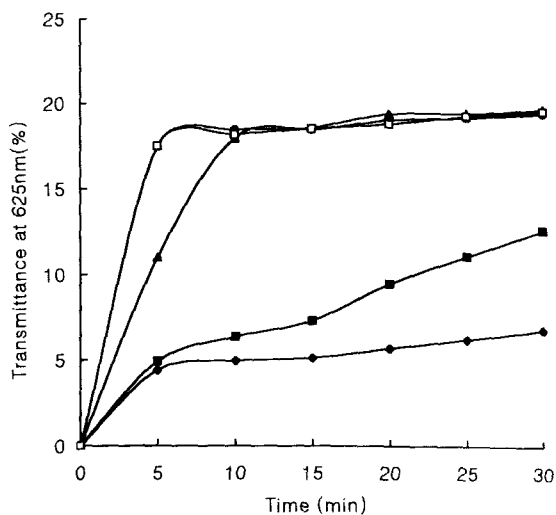


Fig. 5. Changes in transmittance of purple sweet potato starch (0.2%) at various NaOH concentrations.
 ◆ : 0.14 N NaOH, ■ : 0.15 N NaOH, ▲ : 0.17 N NaOH, ● : 0.19 N NaOH, □ : 0.27 N NaOH

농도에서는 변화가 극히 적었고 0.19 N 이상에서는 광투과도가 급격히 증가되어 평형에 도달하였으며, 실험한 알칼리 농도범위에서 전체적으로 광투과도 값이 매우 낮았다. 이로부터 자색고구마 전분은 일반고구마 및 다른 종류의 전분과는 다르게 알칼리 호화에 대한 저항성이 큰 것으로 사료된다.

요 약

자색고구마 전분을 식품가공에 활용하고자 할 때 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 자색고구마 전분의 이화학적 성질과 호화 특성을 조사하였다. 자색고구마 전분의 조지방질 함량은 0.29%로 일반고구마 전분에 비해 높았고 전분입자의 모양은 둥글거나 다각형이며 X·선 회절도에 의한 생전분의 결정형은 Ca형이었다. 아밀로오스 함량은 14.36%로 일반 고구마보다 낮았고 물결합능력은 82.54%, 80°C에서의 팽윤력과 용해도는 각각 27.94%와 15.35%였다. 아밀로그라프에 의한 초기호화온도는 72°C로 최고점도가 없이 높아진 점도가 계속 유지되는 양상을 보였으며 일반고구마 전분에 비해 노화 경향을 예측할 수 있는 consistency와 setback이 낮게 나타났다. 시차주사 열량기에 의한 호화양상에서 피크온도와 엔탈피는 각각 68.1°C, 1.24 cal/g이었다. 알칼리에 의한 광투과도는 알칼리 농도가 증가할수록 증가하였는데 0.19 N 이상의 농도에서는 급격히 광투과도가 증가되었다. Brookfield viscometer로 측정된 점도도 비슷한 경향이었으나 0.21 N을 중심으로 점도의 급격한 변화가 있었다.

문 헌

1. Valetudie, J.C., Guadeloupe, L., Colonna, P., Bouchet, B. and Gallant, D.J. : Gelatinization of sweet potato, tania and yam tuber starches. *Starch*, **47**, 298-306 (1995)
2. Ravindran, V., Ravindran, G., Sivakanesan, R. and Rajaguru, S.B. : Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomea batatas* L.). *J. Agri. Food Chem.*, **43**, 2646-2651 (1995)
3. William, B. and Helen, H.B. : Sweet potato. In "The New Encyclopedia Britannica" Encyclopedia Britannica, Inc., Vol. IX, p.718 (1981)
4. Kim, S.J., Rhim, J.W., Lee, L.S. and Lee, J.S. : Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 345-351 (1996)
5. Jang, K.S. : Making use of anthocyanins in purple sweet potatoes. *Rural Life Sci.*, **16**, 26-29 (1995)
6. Lee, L.S., Rhim, J.W., Kim, S.J. and Chung, B.C. : Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 352-359 (1996)
7. Kim, S.J. and Rhim, J.W. : Effect of freezing, thawing and blanching on the pigment of purple sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 9-14 (1997)
8. Lee, L.S. and Rhim, J.W. : Thermal kinetics of color changes of purple sweet potato anthocyanin pigment.

- Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 497-501 (1997)
9. Kim, S.J. and Rhim, J.W. : Concentration of pigment extracted from purple sweet potato by nanofiltration. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 492-496 (1997)
 10. Noda, T., Takaha, Y., Sato, T., Ikoma, H. and Mochida, H. : Physicochemical properties of starches from purple and orange fleshed sweet potato roots at two levels of fertilizer. *Starch*, **48**, 395-399 (1996)
 11. Kim, S.Y. and Ryu, C.H. : Studies on the nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 819-825 (1995)
 12. Jo, J.S. : *Food materials*. Munundang, Seoul, Korea, p.103-105 (1992)
 13. AOAC : *Official Methods of Analysis*. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., Chapter 32, p.1 (1990)
 14. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I. : A rapid calorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411-420 (1970)
 15. Medcalf, D.F. and Gilles, K.A. : Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558-568 (1965)
 16. Schoch, T.J. : Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler, R.L.(ed.), Academic Press, New York, Vol. 4, p.106-108 (1964)
 17. Shin, M.S. : Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 116-121 (1991)
 18. Maher, G.G. : Alkali gelatinization of starches. *Starch*, **35**, 226-230 (1983)
 19. Kim, S.K., Chung, H.M. and Cho, M.H. : Alkali gelatinization of rice, arrow root and ginger root starches. *Agric. Chem. Biotechnol.*, **27**, 214-216(1984)
 20. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.F. and Synder, H.E. : Isolation and characterization of starch from mature soybean. *Cereal Chem.*, **55**, 661-670 (1978)
 21. Seog, H.M., Park, Y.K., Nam, Y.J., Shin, D.H. and Kim, J.P. : Physicochemical properties of several sweet potato starches. *Agric. Chem. Biotechnol.*, **30**, 179-185 (1987)
 22. Lee, S.K. and Shin, M.S. : Characteristics of defatted and lipid-reintroduced sweet potato starches. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 341-348(1991)
 23. Jung, S.H., Shin, G.J. and Choi, C.U. : Comparison of physicochemical properties of corn, sweet potato, potato, wheat and mungbean starches. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 272-275 (1991)
 24. Takeda, Y., Tokunaga, N., Takeda, C. and Hizukuri, S. : Physicochemical properties of sweet potato starches. *Starch*, **38**, 345-350 (1986)
 25. Noda, T., Takahata, Y. and Nagata, T. : Developmental changes in properties of sweet potato starches. *Starch*, **44**, 405-409 (1992)
 26. Back, M.H. and Shin, M.S. : Physicochemical properties of modified sweet potato starch by steeping. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**, 736-741 (1993)
 27. Song, E., Shin, M.S. and Hong, Y.H. : Physicochemical properties of sweet potato (*Ipomoea batatas*) starch by heat-moisture treatment. *Agric. Chem. Biotechnol.*, **30**, 242-249 (1987)
 28. Shiotani, I., Nishimura, A., Yamanaka, S., Taki, M. and Yamada, T. : Starch properties of the sweet potato, diploid *Ipomoea trifida* (H.B.K) Don. and tetraploid hybrids. *Starch*, **43**, 133-138 (1991)
 29. Lee, S.K. and Shin, M.S. : Gelatinization and retrogradation properties of modified starch by steeping sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 638-643 (1994)
 30. Choi, C.R., Kim, J.O., Lee, S.K. and Shin, M.S. : Physicochemical properties of defatted high amylose corn starch. *Agric. Chem. Biotechnol.*, **38**, 403-407 (1995)

(1999년 10월 22일 접수)