

저장 중 수분활성이 고구마 전분의 이화학적 특성에 미치는 영향

백만희 · 신말식

전남대학교 식품영양학과

Effect of Water Activity on the Physicochemical Properties of Sweet Potato Starch during Storage

Man-Hee Baek and Mal-Shick Shin

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

Effect of water activity (0.32~0.89) on the physicochemical properties of sweet potato starch during the storage for 5, 15 and 30 days at 40°C was investigated. Shapes and sizes of starch granules were not changed. X-ray diffraction patterns of the starches appeared equally Ca-crystal structure. Sorption isotherm with storage day was sigmoidal. A slight loss of iodine affinity, increase in water binding capacity, and decrease in swelling power at 80°C occurred as water activities increased. Viscosity pattern under Brabender Amylogram was not significantly changed with water activity, but initial pasting temperature decreased as water activity increased. The viscosity at 50°C, consistency and setback were increased with increasing storage day and water activity.

Key words: water activity, sweet potato starch, physicochemical properties

서 론

전분 입자는 결정형 부분과 무정형 부분으로 이루어져 있으며 친수성을 많이 갖고 있어 주로 수소결합에 의해 결합되어 있을 뿐만 아니라 물과 쉽게 결합함으로써 물에 의한 전분 구조의 변화를 초래한다.

Wootton 등⁽¹⁾은 등온흡습곡선에서 수분활성에 따라 세 부분, $0 < Aw < 0.22$, $0.22 < Aw < 0.73$, $0.73 < Aw < 1.0$ 으로 나누었을 때 수분활성 0.22 이상이면 물분자가 팽윤된 구조에 의해 새롭게 형성된 구멍으로 침투하여 전분의 빈 공간을 채우게 되므로 높은 수분활성도에서의 수분 흡수는 특히 미세구조의 안정성에 영향을 준다고 하였다. 또 Boki 등^(2,3)은 칩과 고구마 전분을 20°C, $0.4 < Aw < 1.0$ 에서 저장하면 칩 전분의 수분함량이 고구마 전분보다 크며, 그 차이는 수분-전분간의 상호관계의 강도와 전분 입자의 미세구조의 차이에 기인한다고 보고하였고, A-형 전분이 B-형 전분보다 더 안정하다고 하였다.

Mazza⁽⁴⁾는 감자편의 등온흡습곡선은 곡선의 모양, 건조방법, 온도, 당 첨가에 의해 영향받는데, 수분활성도가 낮은 Aw 0.11~0.35 범위에서는 온도의 영향은 적으나, 같은 수분함량에서 온도가 높으면 수분활성도가 증가된

다고 하였다.

식품산업에 있어서 전분의 이용은 날로 급증하고 있으며, 가장 적합한 성질을 갖는 변성전분의 개발이 활발히 진행되고 있을 뿐만 아니라 식품 이외의 산업에서도 중요한 자원으로써 자리를 잡아가고 있다. 그러나 이런 전분들은 대량으로 오래 저장기간을 통해 보관, 유통되므로 이 기간 중에도 전분의 성질이 유지되어야 하는데 전분은 건조 분말로 친수성이 강하므로 습도나 온도같은 저장조건에 따라 많은 영향을 받을 것으로 생각되어지므로 저장조건을 조절하는 것이 필요하다⁽⁵⁾. 김 등⁽⁶⁾은 옥수수 전분의 저장 중 수분변화로 일어나는 케일링 현상이나 미생물성장, 물리적 특성 변화를 고려하여 시뮬레이션을 행하였는데 이 때 전분 자체의 성질의 변화에 관한 실험은 이루어지지 않았고, 수분이나 온도에 따른 전분 성질의 변화에 관한 연구도 거의 없는 실정이다.

그러므로 본 실험은 저장 중에 수분활성이 전분의 이화학적 성질에 미치는 영향과 바람직한 수분활성도를 알아보기 위해 고구마 전분을 40°C 항온기에서 수분활성도가 다르게 저장하면서 수분함량과 이화학적 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

농촌진흥청 호남농업시험장 목포시험장에서 1992년에

Corresponding author: Mal-Shick Shin, Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Chonnam National University, Kwangju 500-757 Korea

수확한 율미 품종의 고구마를 사용하였다.

전분의 분리

율미 품종의 고구마로부터 알칼리침지법⁽⁷⁾으로 전분을 분리한 후 건조 고구마 전분을 수분활성도를 알고 있는⁽⁸⁾ 포화염용액 [$MgCl_2(0.32)$, $Mg(NO_3)_2(0.48)$, $NaCl(0.75)$, $KNO_3(0.89)$]을 PEC(Proximity Equilibrium Cell)에 넣고 40°C 항온기에서 5, 15, 30일간 저장한 후 A.O.A.C방법⁽⁹⁾에 의해 수분함량을 측정된 다음 건조시켜 시료로 사용하였다.

입자의 형태와 결정형 측정

전분 입자의 성상은 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)으로 2000배로 확대하여 관찰하였다.

X-선 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)를 사용하여 Target : Cu-K α , Filter : Ni, 40 kV, 20 mA, Full scale range : 2000 cps에서 2 θ 40°~0°까지 회절시켰다.

이화학적 성질의 측정

요오드 친화력은 Williams 등의 방법⁽¹⁰⁾으로 측정하였고, 표준곡선은 Schoch의 부탄올법으로 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정 비율로 혼합한 다음 위와 동일한 방법으로 작성하였다⁽¹¹⁾. 물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹²⁾, 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법⁽¹³⁾에 따라 측정하였다. 아밀로그래프에 의한 호화 양상은 6% 전분현탁액을 Brabender/Visco/Amylograph를 이용하여 Medcalf 및 Gilles의 방법⁽¹²⁾에 따라 30°C에서 95°C까지 1.5°C/min 상승시키면서 측정하였다.

결과 및 고찰

전분의 일반성분

전분의 일반성분은 단백질 함량이 0.11%, 회분 함량이 0.18%, 총지질 함량이 0.23%이었다⁽¹⁴⁾. 수분활성도가 조절된 전분의 수분함량은 Fig. 1과 같이 수분활성도가 높아질수록 증가하였으나, 수분활성도의 변화에 따라 다르게 증가하여 중간 수분활성도인 0.45~0.75일 때 가장 큰 변화를 보였으며, 저장 30일 때는 평균수분함량이 12.3~17.5%로 증가되었다. 이와 이⁽¹⁵⁾는 호화된 옥수수 전분을 4°C, 20°C 및 30°C에서 저장하였을 때 4°C에서 저장한 시료의 경우 수분활성도가 0.52에서 0.93으로 증가함에 따라 평균수분함량이 약 15%에서 34%로 증가하였고, 20°C 및 30°C에서는 이 범위의 수분활성도에서 각각 13~27%, 12~24%의 평균수분함량을 나타내었다고 보고하였다.

저장기간에 따른 변화는 수분활성도가 0.48 이하의 경우에는 저장조건에 관계없이 수분함량의 차이가 거의

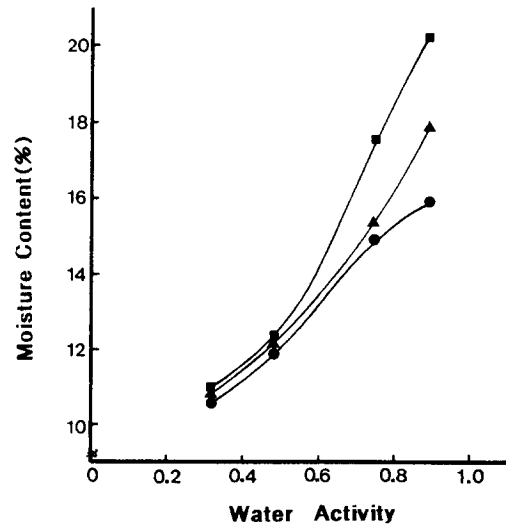


Fig. 1. Changes in moisture content of sweet potato starch under different water activities and storage days

●—●, 5 days; ▲—▲, 15 days; ■—■, 30 days

없었으나 수분활성도가 높은 경우에는 저장기간에 따라 증가하는 양상을 보였다.

40°C에서 30일간 저장하면 평균수분함량이 10.96~20.91%로 호화 옥수수 전분을 4~30°C에서 저장하였을 때⁽¹⁵⁾보다는 낮은 값을 보였는데, 이는 저장온도의 차이에서 비롯된 경향도 있으나 전분 구조의 차이 즉 무정형인 호화 전분이 재결정화되므로 물과 결합할 수 있는 가능성이 크기 때문이라고 생각되었다. 김 등⁽⁶⁾은 옥수수 전분을 25°C에서 상대습도 75% 이상으로 보관하면 40일 이후에 곰팡이가 생기므로 75% 이상의 상대습도는 바람직하지 않다고 하였다.

전분 입자의 형태 및 크기 분포

전분 입자의 모양은 Fig. 2에서와 같이 등글거나 다각형이었으며 수분활성에 따른 모양의 변화는 없었다. 수분함량을 조절하고 가열한 수분-열처리 전분의 경우에도 Sair⁽¹⁶⁾나 Kulp와 Lorenz⁽¹⁷⁾는 밀과 감자 전분의 모양과 크기의 변화가 없다고 하였다. 그러나 Ollett 등⁽¹⁸⁾은 수분함량이 다른 감자 전분을 밀집하게 채울 때 수분함량에 따라 전분 입자의 손상 정도가 달라져 수분함량이 높아지면 평평한 면이 커지고 입자의 균열이 생겨서 부서지고 덩어리지는 현상이 나타난다고 하였다.

X-선 회절도에 의한 고구마 전분의 결정형은 Fig. 3과 같이 회절각도 15.1°, 17.1°, 23.0°에서 강한 피크를 보이는 Ca형이며 이 결과는 송 등⁽⁷⁾이나 신과 인⁽¹¹⁾의 결과와 같았다. 수분활성도에 따른 결정형의 변화는 없었으나 수분활성도가 증가할수록 17.1°의 피크가 더 날카

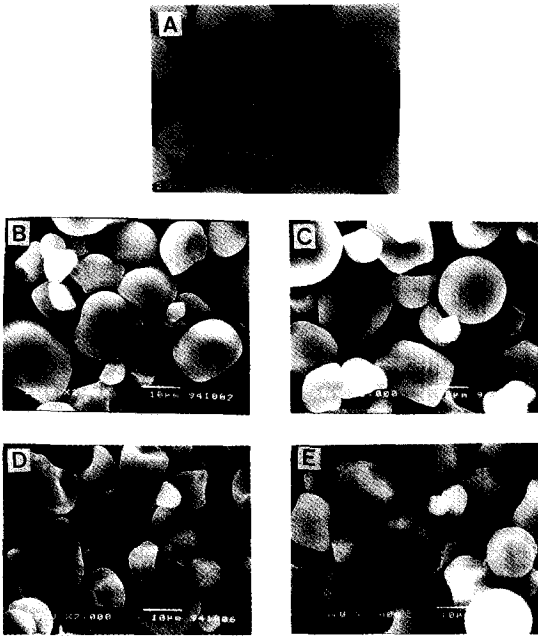


Fig. 2. Scanning electron micrographs of sweet potato starch granule for 30 day storage as a function of water activity at 40°C

A: Untreated, B: 0.32, C: 0.48, D: 0.75, E: 0.89

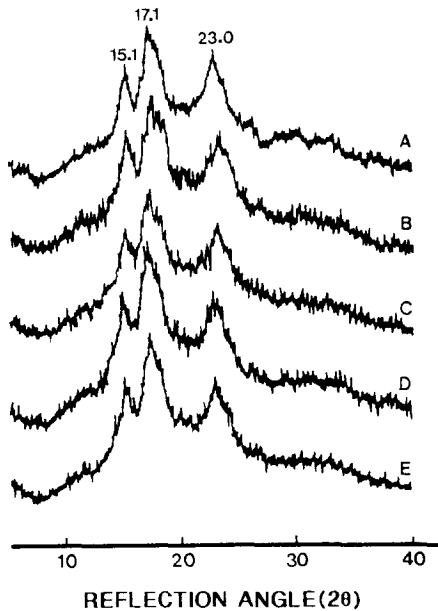


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of sweet potato starch for 30 day storage as a function of water activity at 40°C

A: Untreated, B: 0.32, C: 0.48, C: 0.75, E: 0.89

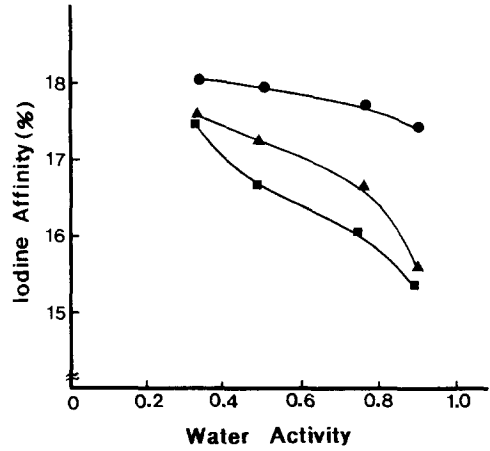


Fig. 4. Changes in iodine affinity of sweet potato starch under different water activities and storage days

●—●, 5 days; ▲—▲, 15 days; ■—■, 30 days

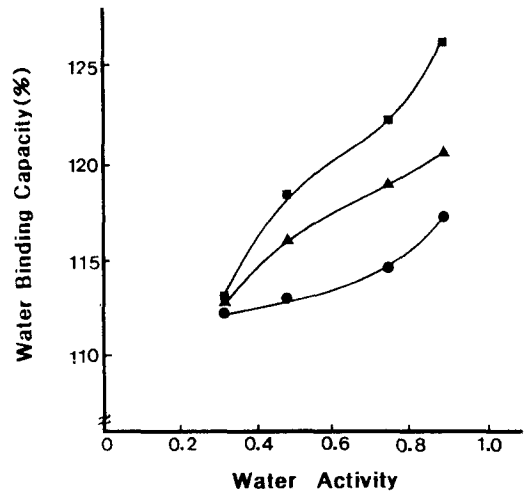


Fig. 5. Changes in water binding capacity of sweet potato starch under different water activities and storage days

●—●, 5 days; ▲—▲, 15 days; ■—■, 30 days

로와졌다.

이화학적 성질

수분활성도가 다른 조건에서 저장한 고구마 전분의 요오드 친화력의 변화는 Fig. 4와 같다. 저장기간이 5일인 경우에는 수분활성도에 따른 감소가 완만하였으나 저장기간이 길어질수록 요오드 친화력이 급격히 감소하였고 특히 높은 수분활성도에서의 감소폭이 컸다. 이런 요오드 친화력의 감소는 요오드와 결합할 수 있는 아밀로오스의

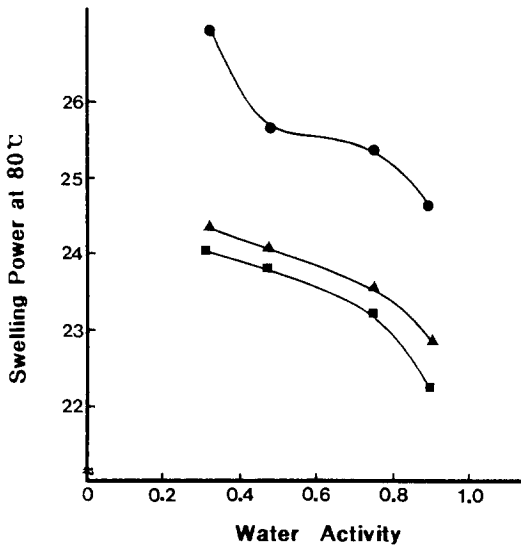


Fig. 6. Swelling patterns of sweet potato starch under the different water activities and storage days at 80°C
 ●—●, 5 days; ▲—▲, 15 days; ■—■, 30 days

사슬 길이가 짧아졌거나 전분 입자의 구조적인 변화로 인한 것으로 생각되며, 요오드 친화력의 변화 측정에 의해 나타날 수 있는 아밀로오스 함량의 변화를 예측할 수 있다고 사료된다.

아밀로오스 함량 차이가 전분의 이화학적 성질에 미치는 영향에 대한 연구에서 Franco 등⁽¹⁹⁾은 고구마 전분의 아밀로오스 함량과 호화온도는 정의 상관관계가 있으며, 아밀로오스 함량은 고구마가루의 제빵 특성에 영향을 준다고 하였다.

일반적으로 전분을 10~12% 수분함량으로 저장하는데 이 때의 수분활성도는 Fig. 1에서와 같이 0.32~0.48 범위에 있으므로 요오드 친화력의 감소는 크지 않았으나 저장기간이 길어지면 서서히 감소될 수 있을 것으로 생각된다.

물결합능력은 Fig. 5와 같이 수분활성도가 높아질수록 30일 저장일 때 저장기간이 길어질수록 112.30~126.36%로 증가하였다. 수분활성도가 0.32일 때는 112.30%로 저장기간에 따른 변화가 없었으나 0.48이상에서는 저장기간에 따라 급격한 증가를 보였다.

전분의 물결합능력은 전분 입자의 결정부분과 비결정부분의 비율에 따라 결정되며, 비결정부분이 많이 포함되면 내부치밀도가 낮아 더 많은 수분을 흡수하여 전분의 OH기와 물과 수소결합을 함으로써 물결합능력이 증가되었다고 생각되었다.

이로부터 전분을 수분활성도가 높은 곳에서 저장하면 아밀로오스 사슬길이가 짧아지거나 구조의 변화로 비결정부분이 증가되고 내부치밀도가 낮아지므로 물결합능력이 증가된다고 생각된다.

전분의 팽윤력은 전분을 구성하고 있는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율 및 분자량, 전분립 내부의 결합력과 전분 분자간의 회합에 따라 다르고⁽²⁰⁾, 전분 입자의 결정도와 관련이 있다⁽²¹⁾. Hari 등⁽²²⁾은 전분의 팽윤 양상을 결정짓는 중요 인자는 입자내의 micellar network의 강도와 특징(크기, 모양, 조성, 분포 등)이라고 하였다. 80°C에서의 팽윤력은 Fig. 6과 같이 수분활성도가 증가하면 점차 감소하였는데, 수분활성도에 관계없이 저장 5일에서 15일까지는 급격한 감소를 보였으나 15일과 30일 사이에는 변화가 적었다. 충분한 수분 하에서 가열하면 전분이 호화되면서 전분의 결합력이 약해져 팽윤력이 증가하는데, 수분활성도가 높은 곳에서 저장한 전분의 팽윤력이 감소하는 것은 전분 입자의 구조가 변화되었음을 시사해 준다.

그러므로 수분활성도가 0.48 이상의 조건(수분함량 12% 이상)에서 전분을 저장하면 아밀로오스 함량이 감소하고 상온에서의 물결합능력은 증가하나, 가열에 의한 팽윤력이 감소되는 등 이화학적 성질이 달라지며 그 정도는 저장기간과 상관이 있음을 알 수 있었다.

아밀로그래프에 의한 호화

아밀로그래프에 의한 호화 양상은 전분 입자의 팽윤

Table 1. Pasting characteristics of sweet potato starch stored for 15 and 30 days under different water activities by Amylograph

Storage days	Water activity	Initial pasting temp.(C)	Peak Viscosity (B.U.):P	15-min Height (B.U.):H	Height at 50°C (B.U.):C	Break -down :P-H	Consis -tency :C-H	Set -back :C-P
15	0.32	71.0	915	805	935	110	130	20
	0.48	70.5	890	790	930	100	140	40
	0.75	70.5	860	790	935	70	145	75
	0.89	70.0	870	800	930	70	130	60
30	0.32	71.5	820	770	880	50	110	60
	0.48	71.5	900	760	1000	140	240	100
	0.75	70.0	865	755	1015	110	260	150
	0.89	70/5	855	760	1030	95	270	175

경도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조 차이 등에 의해 결정된다⁽²³⁾.

수분활성도가 다른 조건에서 저장한 전분의 아밀로그라프에 의한 호화 양상은 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며 그 특성치는 Table 1과 같았다. 호화개시온도는 수분활성도가 높을수록 약간 낮은 경향을 보였으며 저장기간에 따른 변화는 크지 않았다.

최고점도는 수분활성도에 따라 차이를 보여 수분활성도가 클수록 낮아졌으나 가열후의 점도는 큰 차이가 없었다. 50°C 냉각점도와 consistency는 15일 저장했을 때보다는 30일 저장했을 때 더 컸으며 수분활성도에 따른 차이는 없었으나, setback은 수분활성도가 클수록 더 높았다. 50°C 냉각점도는 전분 호화액을 냉각할 때 무질서한 상태로 존재하던 아밀로오스 분자들이 서로 나란히 배열되어 분자간의 보다 많은 수소결합을 통해 회합체를 이룸으로써 점도가 증가됨을 나타내고, consistency와 setback은 50°C 냉각점도와 가열시의 점도 차이를 보여주므로 노화경향을 예측할 수 있다고 한다. 즉 수분활성도가 높은 조건에서 오랫동안 저장하면 전분의 이화학적 성질이 변화될 뿐만 아니라 호화 양상도 달라지므로 전분을 장기간 저장할 때는 온도 뿐만 아니라 수분활성이 매우 중요한 요인임을 알 수 있었다.

요 약

저장 중에 수분활성이 전분의 이화학적 성질에 미치는 영향을 알아보기 위해 수분활성도(0.32, 0.48, 0.75, 0.89)로 조절된 데시케이터에 고구마 전분을 넣고 40°C 항온기에서 5, 15, 30일간 저장한 다음 이화학적 특성을 비교하였다. 입자의 모양이나 형태는 변화가 없었고, 결정형은 Ca형으로 변하지 않았다. 수분활성이 높을수록, 저장기간이 길어질수록 수분함량과 물결합능력은 증가하였고, 요오드 친화력과 80°C에서의 팽윤력은 감소하였다. 아밀로그라프에 의한 호화 양상은 저장 15일에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나, 저장 30일에는 수분활성이 높을수록 50°C 냉각점도, consistency와 setback이 증가하였다.

문 헌

1. Wootton, M., Regan, J., Munk, N. and Weeden, D.: Water binding in starch-water systems. *Food Technol. Aust.*, **18**, 24 (1974)
2. Boki, K., Ohno, S., and Shinoda, S.: Moisture sorption characteristics of kudzu starch and sweet potato starch. *J. Food Sci.*, **55**, 232 (1990)
3. Boki, K. and Ohno, S.: Moisture sorption hysteresis in kudzu starch and sweet potato starch. *J. Food Sci.*, **56**, 125 (1991)
4. Mazza, G.: Moisture sorption isotherms of potato sli-

- ces. *J. Food Technol.*, **17**, 47 (1982)
5. Lang, K.W. and Steinberg, M.P.: Calculation of moisture content of a formulated food system to any given water activity. *J. Food Sci.*, **45**, 1228 (1980)
6. 김병삼, 박노현, 박무현, 조진호: 옥수수 전분의 저장 중 수분변화 예측을 위한 시뮬레이션. 한국식품과학회지, **22**, 473 (1990)
7. 송은, 신말식, 홍윤호: 수분-열처리에 따른 고구마 전분의 이화학적 성질. 한국농화학회지, **30**, 242 (1987)
8. Greenspa, L.: Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, **81A**, 89 (1977)
9. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C. (1980)
10. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411 (1970)
11. 신말식, 안승요: 한국산 고구마 전분의 이화학적 특성에 관한 연구. 한국농화학회지, **26**, 137 (1983)
12. Medcalf, D.F. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558 (1965)
13. Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (ed), Academic Press, New York, N.Y. **4**, 106 (1964)
14. 백단희, 신말식: 수침에 의한 변형 고구마전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **25**, 736 (1993)
15. 이석원, 이 철: 호화 옥수수 전분의 노화속도에 미치는 온도 및 수분활성도의 영향. 한국식품과학회지, **26**, 370 (1994)
16. Sair, L.: Heat-moisture treatment of starch. *Cereal Chem.*, **44**, 8 (1967)
17. Kulp, K. and Lorenz, K.: Heat-moisture treatment of starches I. Physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **58**, 46 (1981)
18. Ollett, A.-L., Kirby, A.R., Clark, S.A., Parker, R. and Smith, A.C.: The effect of water content on the compaction behaviour of potato starch. *Starch*, **45**, 51 (1993)
19. Franco, C.M.L., Ciacco, C.F. and Tavares, D.Q.: Studies on the susceptibility of granular cassava and corn starches to enzymatic attack. Part 2: Study of the granular structure of starch. *Starch*, **40**, 29 (1988)
20. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J.: Structure of the starch granules. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **35**, 534 (1959)
21. Wong, R.B.K. and Lelievre, J.: Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Starch*, **34**, 159 (1982)
22. Hari, P.K., Garg, S. and Garg, S.K.: Gelatinization of starch and modified starch. *Starch*, **41**, 88 (1989)
23. Beleia, A., Varriano, M.E. and Hoseney, R.C.: Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.*, **57**, 300 (1980)