KOREAN J. SOC. FOOD SCI.
Vol. 6, No. 3, August, 1990

도토리와 밤 전분의 이화학적 특성 연구

이 혜 성 · 이 혜 수

서울대학교 가정대학 식품영양학과

Physicochemical Properties of Acorn and Chestnut Starches

Hye Seong Lee and Hei Soo Rhee

Dept. of Food & Nutrition, Seoul National Universtiy

Abstract

The physicochemical properties of acorn and chestnut starches were investigated.

The shape of two starches granules was the rounded trianglar and some elliptical, but that of chestnut was less rounded. Water binding capacity of acorn was 191% and that of chestnut was 200%. Gel volume of chestnut started to increase from 55℃, and was higher value in all temperature range. Amylose of chestnut starch was leached more than that of acorn to 90℃, and reversely from 90℃ to 100℃. The blue value and amylose content of acorn and chestnut starches were 0.464, 0.440 and 24.8%, 22.5 respectively. According to Brabender Amylogram, gelatinization temperature and peak, hot and cold viscosity were 68.5℃, 1010, 910, 1470 BU for acorn and 63.7℃, 1480, 1000, 1080 BU for chestnut. Peak temperature and gelatinization enthalpy were 67.0℃, 3.64 cal/g for acorn, and 66.0℃, 2.82 cal/g for chestnut. X-ray diffraction patterns of two starches were A-types but chestnut had some B-type character.

Ⅰ. 서 론

도토리는 떡갈나무의 열매로, 그 가루는 우리나라 고유 식품은 묵의 재료로 널리 사용되고 있다. 묵은 여러 가지 다른 전분 gel과는 구분되는 특징적 질감을 가지는 음식으로, 도토리, 녹두, 메밀, 동부 등의 몇몇 식품들만이 그 재료로 이용되고 있을 뿐 아니라, 이들로 만든 묵 사이에서도 상당한 질감 차이가 나타나고 있는 점을 생각할 때 대부분의 전분 gel은 그 출처에 따라 모두 다른 texture를 가진다고 보아야 할 것이다. 이런 물성적 차이의 원인을 규명하기 위해 여러 각도에서 연구가 진행되고 있으나 아직 명확히 밝혀지는 못하고 있다. 일반적으로 전분 입자내 전분 분자의 배열 구조, amylose와 amylopectin의 분자량, 분지도, 함량비 등이 전분의 호화과정, 노화과정에 영향을 주어 gel의 질감차이를 가져오는 것으로 알려져 있으나, 전분 이외의 구성물질, gel 제조방법등 여러 다른 요인들에 의해서도 큰 영향을 받고 있다. 밤은 떡갈나무와 같은 참나무과에 속하는 밤나무의 열매로 박등[1]은 밤전분의 특수 식품 개발 가능성을

제시하였다.

본 연구에서는 이 두가지 전분의 기본적인 이화학적 성질을 비교함으로서 전분 gel의 질감 차이를 설명하는 기초 자료로 삼고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험재료

1989년 경기도 파주에서 수확한 도토리와 같은 해 경기도 판교에서 수확한 밤(품종 : 단택)을 구해 방[2]의 방법에 따라 조전분을 제조한 후 60 mesh로 갈아 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 전분입자의 표면 구조

시료 전분 가루를 오산화인과 함께 진공 데시케이타에 넣고 건조시킨 후 SEM(JEOL JSM-35, Japan)을 이용하여 1500배로 입자 표면을 관찰하였다.

(2) 물결합 능력

Medcalf 및 Gilles[3]의 방법에 따라 물결합능력을 측정하였다.

(3) gel 부피와 anylose의 용출량 및 청가와 amylose 함량

Schoch[4]의 팽윤력과 용해도 측정 방법을 수정한 Eliasson[5]의 방법으로 50~100℃의 온도 범위에서 5℃의 간격으로 실시하였다. 즉, 시료전분 150 mg에 60 ml의 증류수를 붓고 소정온도에서 30분 동안 가끔 저어주면서 가열한 후 15분간 1500 g로 원심분리하여 하층의 gel 부피를 재고 상층액의 amylose 용출양은 Gilbert[6]의 blue value method로 측정하였고, 100℃로 가열한 전분용액으로 청가를 계산하고 amylose 함량을 정량하였다. 표준곡선은 amylose from potato(Aldrich chem. Co.)을 사용하여 작성하였다.

(4) Amylogragh

Brabender/Visco/Amylogragh를 사용하여 8% (dry basis)의 시료 전분 현탁액을 30℃에서 94.5℃까지 가열하고, 94.5℃에서 15분간 유지시킨 다음 20℃까지 냉각시켜 Amylogram을 얻고 이로부터 점도 특성값을 구하였다. 초기호화온도는 점도가 10 BU에 도달하는 점으로 하였다.

(5) DSC(Differential Scanning Calorimetry)

Hermatic aluminum pan에 증류수와 시료의 비율(w/s ratio)이 9 : 1이 되도록 넣은 후 sample encapsulating press(Du pont, U.S.A.)를 이용하여 밀봉하였고, glycerol를 reference로 사용하였다. Thermal analyzer STA 785 model(Stanton redcroft Co., England)로 30℃에서 120℃까지 10℃/min의 속도로 가열하였고 이때의 감도는 4 μV/cm로 하였다.

(6) X-ray 회절도

X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)을 이용하여 target; Cu, Kα, filter; Ni, scanning speed; 4°/

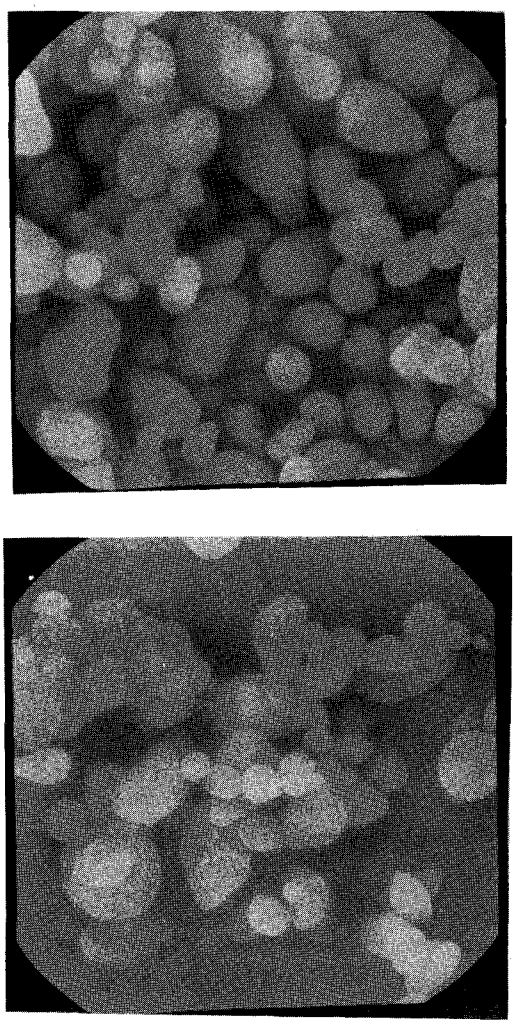

Fig. 1. Scanning electron photomicrographs of acorn (A) and chestnut (B) starches.

min의 조건으로 2θ; 40~4°까지 회절시켜 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 전분 입자와 표면 구조

도토리와 밤전분의 입자형태는 Fig. 1에 나타냈다. 도토리는 김등[7]의 결과와 같이 모서리가 둥근 삼각형이나 타원형의 형태를 가지고 있었고, 작은 크기일수록 원에 가까웠다. 밤은 도토리와 비슷한 모양이나 약간 더 각이 지고 덜 매끄러운 형태이며 입자의 크기 차이가 더 커서 중간 크기의 분포가 비교적 작았다.

2. 물결합 능력

도토리는 191%, 밤은 200%로 밤전분이 다소 높은 값을 보였다. 상대적인 amorphous areas의 비율이 큰 전분이 더 많은 물을 흡수하므로 밤 전분의 무정형 영역비가 약간 더 큰 것으로도 볼 수 있으나, 김등[7], 윤등[8]의 보고에서 조전분과 정제전분의 값이 큰 차이를 보이고 있는 것으로 보아 전분 이외의 단백질이나 다른 친수성 물질의 존재 여부도 전분 입자 내의 결정성 못지 않게 큰 요인으로 작용하고 있으므로 단순히 물결합능력 결과만으로 무정형 영역비를 말하기는 어려울 것으로 생각된다.

3. Gel 부피와 amylose 용출량 및 청가와 amylose 함량

온도에 따른 gel 부피와 amylose의 용출양은 Fig. 2에 나타내었다. 팽윤력은 전분입자의 결정화도와 관계가 있어 팽윤력이 높을수록 결합력이 약하다는 것[10]을 의미한다. 도토리보다는 밤전분의 결합력이 더 약해 55℃에서부터 팽화가 시작되어 온도가 올라가면서 꾸준히 증가하여 계속 도토리보다 더 큰 gel 부피를 가지고 있는 것을 볼 수 있다. Eliasson[11]은 amylose 함량이 비슷한 3개의 전분(밀, 옥수수, 감자)의 gel 부피를 측정하였는데 감자는 특이하게 매우 큰 값을 나타내었고 나머지 둘은 본 연구의 도토리 시료보다 약간 작은 수치를 보였다.

Amylose 용출 정도도 gel 부피와 비슷하게 밤은 55℃부터, 도토리는 60℃부터 증가하기 시작하여 두 시료 모두 60~65℃사이에서 급격한 증가를 보였다. 도토리는 85~90℃ 사이에서 또 한번의 급격한 증가를 보여 이 이후의 온도에서는 밤보다 더 많은 양을 나타내었다. Tachiyashiki[12]은 도토리와 밤전분의 변화 양상이 거의 비슷한데 용해도는 밤이, 팽윤력은 도토리가 조금 더 높은 값을 가지는 것으로 보고하였다.

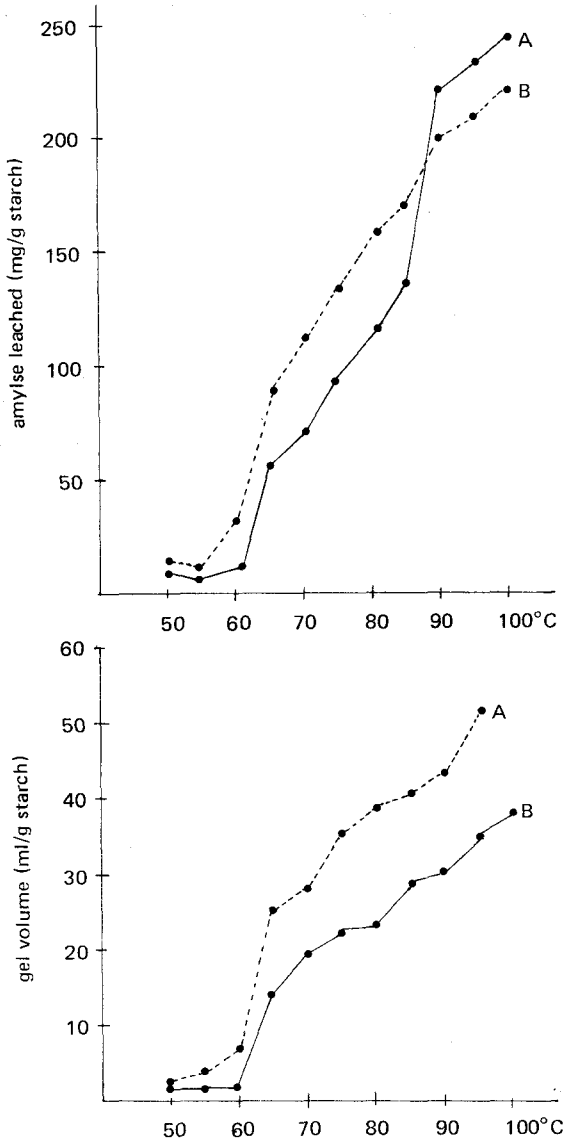

Fig. 2. Gel volume and amylose leached as a function of temperature for acorn (A) and chestnut (B) starches.

청가는 도토리가 0.464, 밤이 0.440으로, amylose 함량은 도토리가 24.8%, 밤이 22.5%로 도토리가 약간 더

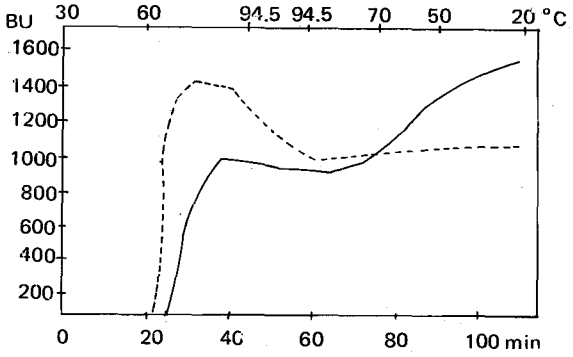

Fig. 3. Brabender Amylograms of acorn (A) and chestnut (B) starches.

Table 1. Amylograph data of acorn and chestnut starches

Characteristics		Acorn	Chestnut
Gelatinization temp.		68.5°C	63.7°C
Temp. at peak height		87.5°C	78.0°C
Max. viscosity	: P	1010 BU	1480 BU
Viscosity at 94.5°C		975 BU	1280 BU
Viscosity at 94.5°C after 15 min.	: H	910 BU	1000 BU
Viscosity at 70°C		1050 BU	1020 BU
Viscosity at 50°C	: C	1470 BU	1050 BU
Viscosity at 20°C	: C'	1590 BU	1150 BU
Breakdown	: P–H	100 BU	480 BU
Setback	: C–P	460 BU	–400 BU
Total setback	: C–H	560 BU	80 BU
Relative breakdown	: P–H/C–H	0.18	6.0

많은 것으로 나타났는데 이는 김[7]의 도토리 전분 결과나 Takeda[10]와 박등[1]의 밤전분 결과와 유사하였다.

4. amylograph

시료전분의 amylogram은 Fig. 3과 같고 이로부터 구한 각 특성값은 Table 1에 나타내었다. 전분의 호화는 입자 내에 침투한 물의 수화에 의하여 촉진되는 열에 의한 상전환이라고 알려져 있으며[13] 60~75℃의 온도 범위 내에서는 전분 입자의 큰 팽윤으로 인한 전분의 유효부피 증가[14]와 amylose의 용출량 증가로 점도가 크게 증가하고, 보다 높은 온도에서는 팽윤된 전분 입자가 붕괴하게 되어 점도가 떨어지게 되는데 이 때의 점도 감소 정도는 초기의 증가 정도보다 훨씬 느린 속도로 진행된다[15]고 한다. 점도 증가의 주된 원인은 Miller등[16]은 전분 입자로부터의 용출물로 보았으나 Ghiasi등[17]은 팽윤된 전분립과 이것의 파편들로 보고 있다.

초기 호화 온도는 amylose의 함량 및 무정형 부분에서의 분자간 회합 정도 등이 영향을 미치며 전분 입자 내의 내부 구조가 치밀할수록 가열시 느리게 팽윤되어 높은 호화 온도를 갖는다고 하였다[18]. 따라서 도토리의 초기 호화 온도가 68.5℃이고, 밤은 63.7℃인 것으로 보아 도토리가 밤보다 결정구조가 치밀하고 분자간 회합 정도가 큰 것으로 볼 수 있다. 최고 점도(P)와 hot paste viscosity(H)는 전분 입자의 팽윤 정도 및 열이나 shear force에 대한 팽윤된 입자의 저항 정도를 나타내며 그 차이인 breakdowm(P-H)은 팽윤된 입자가 붕괴되기 용이한 정도를 나타내는 것으로, 밤전분은 94.5℃를 유지하는 동안에 점도가 꾸준히 감소하는 경향을 보여 breakdown치가 480으로 저항성이 상당히 약한 것으로 나타났다. 50℃와 20℃의 냉각 점도(C)와 setback(C-P), total setback(breakdown+setback, C-H)은 전분의 노화 정도를 반영하여 큰 값일수록 노화되기 쉬운 경향을 보이는 것이다. 도토리가 밤보다 쉽게 분자간의 보다 많은 수소결합을 통해 회합체를 이루어 점도가 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. 한편 Bhattacharya등[19,20]은 여러 점도 특성치 중에서 relative breakdown치가 쌀과 밀전분간의 품종 차이를 가장 잘 구별하는 것으로 보고하였다.

또한 Schoch등[21]이 구분한 호화 정도에 따른 4개의 유형으로는 도토리는 B형, 밤은 A형에 각각 속하는 것으로 나타났는데 이것은 박등[1]이 5%와 6%의 밤전분을 C형으로 구분하고 팽윤된 입자가 열 및 전단응력에 저항성이 크다고 보고한 것과 큰 차이를 보이고 있다. 점도는 농도에 의해 크게 좌우되는 성질이므로 농도가 서로 다른 타문헌과 비교할 때는 유의하여야 한다.

5. DSC

DSC에 의한 시료 전분의 thermogram은 Fig. 4와 같고, 각 특성치는 Table 2에 나타내었다. DSC는 특히 starch/water systems의 상 전환을 연구하는데 유용하여, 호화 온도 범위와 enthalpy(H)를 측정함으로써, 전분의 호화를 정량적으로 결정하는데 이용되고 있다. 호화 enthalpy는 수분 함량[22~25], 가열속도[22,26], amylose

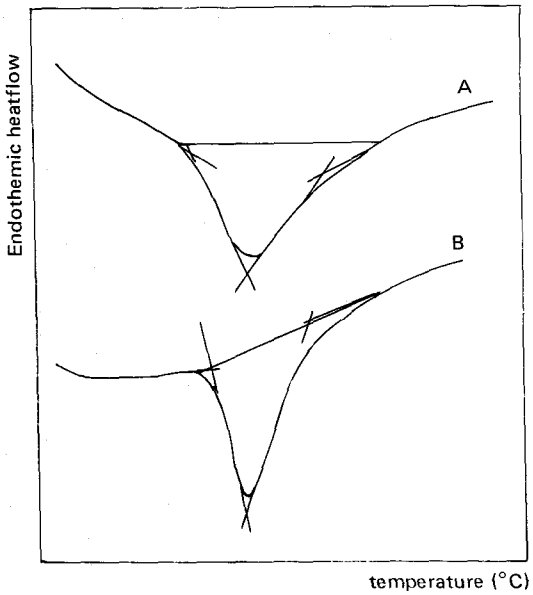

Fig. 4. DSC thermograms of acorn (A) and chestnut (B) starches.

Table 2. DSC characteristics of acorn and chestnut starches

Starch	Temperature (°C) Onset	Peak	Conclusion	H (cal/g)
Acorn	58.5	67.0	78.5	3.64
Chestnut	60.5	66.0	75.8	2.82

함량[27], annealing[28,29], 전분입자의 손상정도등[27] 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있어 Wooton등[22]은 수분과 전분의 비율이 1 : 2에서 2 : 1사이의 범위에서는 수분 함량과 호화 에너지가 직선적 관계를 가진다고 하였고, Kruger등[28]은 subgelatinization temp.에서의 수분-열처리 과정은 전분입자내의 구조변화를 일으켜 더욱 결정화 방향으로 진행되어 호화온도 범위가 좁아지고 peak temp.가 올라가며 enthalpy가 증가한다고 하였다. Wada등[30]은 전분입자의 결정성이 낮으면 호화개시 온도도 낮고 호화열도 작다고 하였는데 도토리는 호화 enthalpy가 3.64 cal/g으로 밤의 2.82 cal/g 보다 높게 나타났다. 이는 고구마 1.9~2.2 cal/g[18], 팥 0.5~1.01 cal/g[31], 녹두 2.61 cal/g[32], 쌀 2.43~4.22 cal/g[33] 등과 차이를 보이나 수분함량이 서로 크게 달라 함께 비교하기에는 어려움이 따른다. Onset temp.는 도토리가 58.5℃, 밤이 60.5℃로 도토리가 더 낮은 온도였으나 peak temp.는 도토리와 밤이 각각 67.0℃, 66.0℃로 이것이 amylogram에서의 호화개시온도와 더 비슷한 것으로 나타났다.

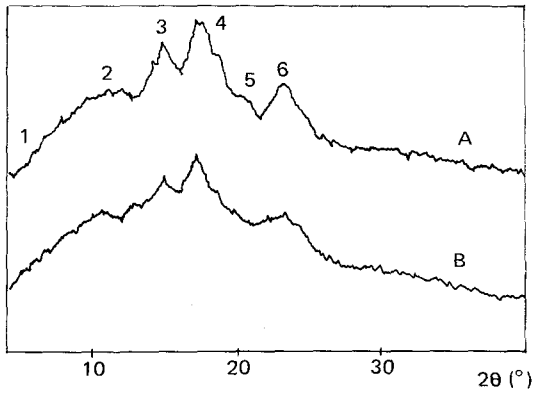

Fig. 5. X-ray diffraction patlern of acorn (A) and chestnut (B) staches.

6. X-ray 회절도

X-선 회절도는 Fig. 5에 나타낸 바와 같다. 도토리와 밤전분 모두 5° 근처의 제 1 환이 나타나지 않으므로 A형으로 볼 수 있으나, 밤전분은 제 3 환의 강도가 비교적 약하고 제 6 환이 a와 b로 약하게 구분되어 B형의 경향도 띠고 있다. Zobel등[34]은 제 1 환이 수분의 존재 여부에 따라 사라지거나 나타날 수 있다고 하였는데 실제로 Takeda등[9]은 밤전분을 Cb형으로, 김[7]은 도토리 전분을 C형 혹은 A형으로 구분하였다.

IV. 요 약

도토리와 밤전분의 이화학적 특성에 관한 비교 결과는 아래와 같다.

1) 전분입자의 표면구조는 도토리와 밤전분이 모두 모서리가 둥근 삼각형이나 타원형 모양이었으며 밤전분이 다소 더 각진 형태였다.

2) 물결합능력은 도토리가 191%, 밤이 200%로 밤전분이 약간 높았다.

3) gel 부피는 도토리보다 밤전분이 먼저 55℃부터 늘기 시작하여 계속 높은 값을 보였고 amylose 용출양은

90℃이전에서는 밤전분이, 이 이후에는 도토리전분이 더 많은 양을 나타내었고 청가와 amylose 함량은 도토리가 0.464, 24.8%, 밤이 0.440, 22.5%로 도토리가 약간 높았다.

4) amylogram 양상은 도토리는 최고점도에 도달한 후 약간 정체를 보이다가 다시 계속 증가하였고, 밤은 급격히 최고점도에 도달한 다음 빠른 속도로 점도가 감소한 후 아주 서서히 증가하였다.

5) DSC thermogram에 의한 peak temp.와 호화 enthalpy는 도토리가 67.0℃, 3.64 cal/g, 밤이 66.0℃, 2.82 cal/g으로 도토리가 결정성이 더 높은 것으로 나타났다.

6) X-선 회절도는 두 전분 모두 A형에 가까운 것으로 나타났으나 밤전분은 약간 B형의 경향도 보였다.

참 고 문 헌

1) 박인순, 김성곤, 김춘수, 밤전분의 이화학적 특성, 한국농화학회지, **25**:218, 1982
2) 방신영, 조선음식 만드는 법, 대양공사출판부, 329, 1946
3) Medcalf, D.G. and Gilles, K.A., Wheat starch. I. Comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, **42**:558, 1965
4) Schoch, T.J., Swelling power and solubility of granular starches, Methods in carbohydrate chemistry, Whistler, R.L. (ed.), vol. 4, Academic Press, 106, 1964
5) Eliasson, A.C. and Lund, Starch gelatinization in the presence of emulsifiers, *stärke,* **37**:411, 1985
6) Gilbert, G.A. and Spragg, S.P., Iodimetric determination of amylose, Methods in carbohydrate chemistry, Whistler, R.L. (ed.), vol. 4, Academic Press, 168, 1964
7) 김영아, 도토리 전분 겔의 물성 및 이화학적 특성연구, 박사학위논문, 서울대학교 대학원, 1987
8) 윤혜현, 동부 조전분 및 정제전분의 이화학적 특성, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 1987
9) Takeda, C., Takeda, Y. and Hizukuri, S., Structure and properties of chestnut starch, *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **34**:31, 1987
10) Leach H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J., Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility pattern of various starches, *Cereal Chem.*, **36**:554, 1959
11) Eliasson, A.C., Viscoelastic behaviour during the gelatinization of starch. I. Comparison of wheat, maize, potato and waxy-barley starches, *J. of Texture Studies,* **17**:253, 1986
12) Tachiyashiki, K., Lee, C.S. and Teramoto, Y., Comparison of cooking qualities of corn starch with other starches, *Japan Home Economics Journal,* **33**: 321, 1982
13) Ghiashi, K., Hoseney, R.C. and Varriano-Morston, E., Gelatinization of wheat starch. III. Comparison by DSC and light microscopy, *Cereal Chem.* **59**:258, 1982
14) Bagley, E.B. and Christianson, D.D., Swelling capacity of starch and its relationship to suspension viscosity, *J. of Textur Studies,* **13**:115, 1982
15) Wu, M.C., Hamamm, D.D. and Lanier, T.C., Rheological and calorimetric investigations of starch-fish protein systems during thermal processing, *J. Texture Studies,* **16**:53, 1985
16) Miller, B.S., Derby, R.I. and Trimmbo, H.B., A pictorial explanation for the increase in viscosity of a heated wheat starch-water suspension, *Cereal Chem.,* **50**:271, 1973
17) Ghiasi, K, Varriano-Marston, E. and Hoseney, R.C., Gelatinization of wheat starch. IV. Amylograph viscosity, *Cereal Chem.,* **59**:262, 1982
18) 김래언, 분질 및 점질 고구마의 전분 및 아밀로오즈 특성, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 1990
19) Bhattachaya, K.R. and Sowbhagya, C.M., Pasting behavior of rice-A new mothod of viscography, . *of Food Sci.,* **44**:797, 1979
20) Leelavathi, K. and Indrani, D., Amylograph pasting behaviour of cereal and tuber starches, *stärke,* **39**: 378, 1987
21) Schoch, T.J. and Maywald, E.C., Preparation and properties of various legume starches, *Cereal Chem.,* **45**:564, 1968
22) Wootton, M. and Bamunuarachchi, A., Application of DSC to starch gelatinization, *stärke,* **31**:62, 1979
23) Hoseney, R.C., Zelenznak, K.J. and Yost, D.A., A note on the gelatinization of starch, *stärke,* **38**:407, 1986
24) Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R., Starch gelatinization phenomena studied by DSC, *J. of Food Sci.,* **45**:1669, 1980
25) Biliaderis, C.G., Page, C.M., Maurice, T.J. and Juliano, B.O., Thermal characterization of rice starches: A polumeric approach to phase transitions of granular starch, *J. Agric. Food Chem.,* **34**:6, 1986

26) Nakazawa, F., Noguchi, S., Takahashi, J. and Takada, M., Gelatinization and retrogradation of rice starch studied by DSC, *Agric. Biol. Chem,* **48**: 201, 1984

27) Zobel, H.F., Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes, Starch: chemistry and technology, 2nd., Whistler, R.L. (ed.), Academic press, 290, 1984.

28) Krueger, B.R., Knutson, C.A., Inglett, G.E. and Walker, C.E., A DSC study on the effect of annealing on gelatinization behavior of corn starch, *J. of Food Sci.,* **52**:715, 1987

29) Yost, D.A. and Hoseney, R.C., Annealing and glass transition of starch, *stärke,* **38**:289, 1986

30) Wada, K,. Takahashi, K., Shirai, K. and Kawamura, A., Differential thermal analysis applied to examining gelatinization of starches in foods, *J. of Food Sci.,* **44**:1366, 1979

31) 채선희, 손경희, 거두와 적두 전분의 이화학적 특성 및 Gel 특성에 관한 연구, 한국조리과학회지, **6**:7, 1990

32) 박옥진, 김광옥, 옥수수 전분과 Hydrocolloids 첨가가 녹두 전분 및 묵의 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **20**:618, 1988

33) 임양순, 쌀 품종간 밥의 텍스쳐와 전분의 성질, 박사학위 논문, 서울대학교 대학원, 1989

34) Zobel, H.F. and Argo, Starch crystal transformations and their industrial importance, *stärke,* **40**:1 1988