

도토리 전분 및 전분겔의 형태학적 특성 연구

김 영 아

인하대학교 가정대학 식품영양학과

The Morphological Properties of Acorn Starch Granules and Starch Gels

Young-A Kim

Dept. of Food & Nutrition, Inha University, Incheon

Abstract

The morphological properties of acorn starch granules and starch gels were examined with scanning electron microscope and X-ray diffractometer. The shape of acorn starch granule was rounded triangular and some elliptical. The size distribution of starch granule was also analyzed. The mean value of minor axis, major axis and the ratio of those were $4.785 \mu\text{m}$, $7.30 \mu\text{m}$ and 0.68, respectively.

The surface micro-structure of acorn starch gels were investigated by SEM. Acorn crude and refined starch gel were very different in surface micro-structure. X-ray diffraction pattern of acorn starch was C-type, and the pattern of acorn starch gels were extremely different because of disintegration of starch granules by gelatinization. The diffraction intensity of acorn refined starch gel was slightly higher than crude starch gel.

Key Words: Acorn starch, starch gel, morphological property

서 론

전분은 그 종류에 따라 매우 다양한 입자의 모양 및 크기를 나타내고 있다. 예로써 작고 각이 진 쌀전분에서부터 크고 표면이 매끄러운 타원형의 감자전분까지 매우 다양하다. 광학현미경을 사용한 상당량의 전분입자 연구가 실시되어 왔음에도 불구하고, 전분입자 자체가 이

화학적으로 균질한 물질이 아님으로 해서, 아직 미세구조에 대한 규명이 부족한 상태이다. 따라서 보다 높은 해상력을 갖는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope)을 사용한 형태학적 특성 연구가 절실히 요구된다 하겠다. 특히 식품과학 분야에서 전자 현미경에 대한 관심이 고조되고 있는 것은 식품내의 구성 성분의 이 화학적 조성뿐 아니라 그 존재형태가 식품의 여러 관능적 특성, 특히 텍스처등과 밀접한 상관관계를 가지고 있

는 것으로 추정되고 있기 때문이다. 또한 전분입자들은 crystalline region과 amorphous region이 섞여 있는 결정질 물질(crystallite compound) 임으로써 X-선 조사시에 특징적인 회절도형(X-ray diffraction pattern)을 나타내므로 이를 사용하여서도 전분입자 및 전분질 식품의 구조를 규명할 수 있을 것으로 기대되어진다. 따라서 본 연구에서는 도토리 전분 및 전분겔의 물성론적 특성 연구의 일환으로서 조건분과 정제전분, 조건분겔과 정제전분겔을 대비시켜, 주사전자현미경과 X-선 회절도를 사용하여 도토리 전분 입자의 성상 및 입경분포, 전분겔의 표면미세구조, 결정성 등의 형태학적 특성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

본 연구에 사용한 도토리 조건분(acorn crude starch)은 경기도 산도토리(*Quercus acutissima* carruthers)를 방¹⁾의 목가루 제조방법에 준하여 제조하였고, 도토리 정제전분은 알카리 침지법²⁾을 사용하여 제조하였다. 제조된 전분은 60 mesh 체로 쳐서 냉동보관하면서 사용하였다. 도토리 조건분겔 및 정제전분겔은 10% 농도로 조제한 현탁액 450 ml를 95°C 항온수조에서 계속 저어주면서 15분간 가열하였다. 이것을 23×23×23.5 mm³의 용기에 유입하여 20°C의 항온습실(growth chamber, Korea Manhattan, KG-8509)에서 3시간 성형시킨 것을 시료로 사용하였다.

2. 전분입자의 성상 및 입경분포

입자의 형태 연구를 위해서는 각각의 시료들을 양면테이프에 부착시켜 Fine Coat Ion Sputter (JFC-1100)에서 350Å 두께로 Au를 도금시킨 후 SEM (JEOL JSM-35, Japan)을 사용하여 가속전압 15 kv, phototime 100 sec, 배율 ×1500, ×4800의 조건으로 실시하였다³⁾. 광학현미경(American Optical Co., U.S.A.)을 사용하여 400배율로 확대 촬영한 조건분과 정제전분에 대하여 각각 1,000개의 입자의 단경(minor axis), 장경(major axis)을 Vernier Caliper (Mitutoyo, Japan)를 사용하여 측정하고 그 값으로부터 입자의 크기별 분포도 및 장단경의 비율을 구하였다⁴⁾. 자료처리는 컴퓨터 프로그램 패키지 SAS를 사용하여 단경, 장경 및 장

단경의 비율의 평균치를 구하고, 분산분석 및 Duncan의 다중범위검정을 실시하였다. 또한 입자의 장·단경 및 비율의 분포양상을 분석하였다.

3. 조건분겔 및 정제전분겔의 미세구조

조건분겔 및 정제전분겔의 대체적인 표면구조는 10% 전분겔들을 제조하여 성형시킨 후 -20°C에서 embedding medium (Tissue-TEK, OCT compound 4583)을 사용하여 급속동결시키고, Histostat Microtome (Scientific Instrument, U.S.A.)을 사용하여 절단한 후 Iodine solution으로 염색하여 광학현미경을 사용하여 400배율로 조사하였다. 한편 좀더 미세한 표면구조의 관찰을 위해서는 주사전자현미경을 사용하였다. 시료는 10%전분겔을 제조하여 성형시킨 후 2.5% glutaraldehyde/0.1 M phosphate buffer (pH 7.2~7.4)로 4°C에서 12~16시간 prefixing을 실시한 후 동일 완충액으로 2~3회 수세한 후 1% osmium tetroxide/0.1 M phosphate buffer로 3시간 정도 post fixing하였다. 탈수를 위해서 ethyl alcohol 농도 상순순으로 처리하고, isoamyl acetate로 치환하여 Critical Point Dryer (Hitachi, HCP-2)를 이용하여 건조시킨 후 Ion Coater (EICO IB-3)에서 Pt-Au를 600 Å 두께로 도금시킨 후 SEM (Hitachi, S-520)으로 25 kv에서 500배, 1,200배, 3,000배로 확대하여 관찰하였다^{5,6)}.

4. X-선 회절도

도토리 조건분 및 정제전분, 조건분겔 및 정제전분겔의 X-선 회절도는 X-ray Diffractometer (Rigaku Co., Japan)를 이용하여 target, Cu, K α ; filter, Ni; scanning speed 4°/min; chart speed 40 mm/min; time constant 0.5 sec; range 2000 cps, 4000 cps; 30 kv, 15 mA, 2 kw의 조건으로 2 θ 4~90°까지 회절시켜 분석하였다^{7,8,9)}.

III. 결과 및 고찰

1. 전분입자의 성상 및 입경분포

도토리 전분입자는 주사전자현미경에 의한 관찰 결과 (Fig. 1) 대부분이 모서리가 둥글어진 삼각형이나 타원형의 형태를 가지고 있었고, 크고 작은 입자가 함께 분포되어 있었다. 표면은 거의 흠이 없는 아주 매끄러운 양

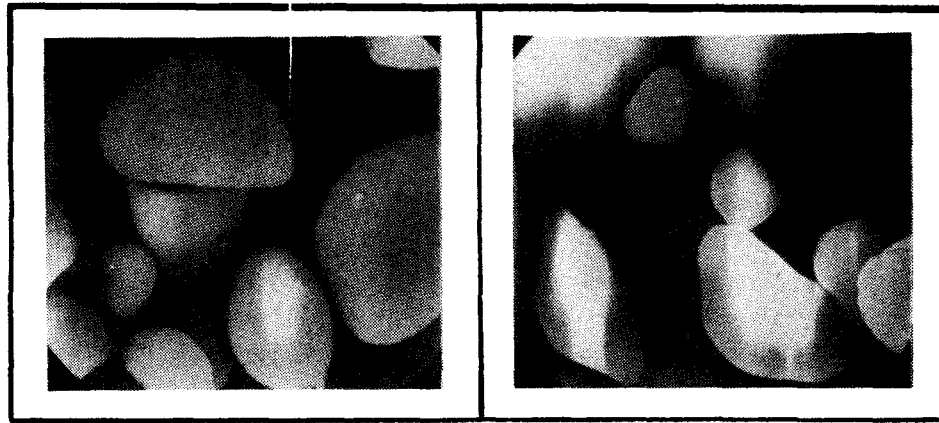


Fig. 1. Scanning electron micrographs of acorn crude starch (left) and refined starch (right) granules (4,800×).

상이었다.

조건분 및 정제전분 입자의 단경, 장경 및 장단경의 비율(R=단경/장경)을 분석한 결과(Table 1), 장경과 단경 모두 조건분과 정제전분 사이에 유의적인 차이는 없었고, 장단경의 비율은 조건분과 정제전분 모두 0.68로 동일하였다. 도토리 조건분 및 정제전분 입자의 단경 및 장경, 장단경의 비율등의 분포도는 Fig. 2와 같았다. 단경의 분포 범위는 1~12 μm로 4~6 μm 범위에서 가장 높은 분포도를 나타내었다. 이와같은 경향은 조건분과 정제전분에 공통적이었다. 장경은 1~20 μm 범위에 걸쳐 널리 분포되어 있었는데, 특히 10 μm이하에 속하

Table 1. Statistical analysis of variance for granule size

| Dependent variable | Mean | | F value | PR>F |
|--------------------|--------------|----------------|---------|--------|
| | Crude starch | Refined starch | | |
| Minor axis, X (μm) | 4.82 | 4.75 | 0.77 | 0.3806 |
| Major axis, Y (μm) | 7.36 | 7.24 | 0.83 | 0.3610 |
| Ratio (X/Y), R | 0.68 | 0.68 | 0.01 | 0.9111 |

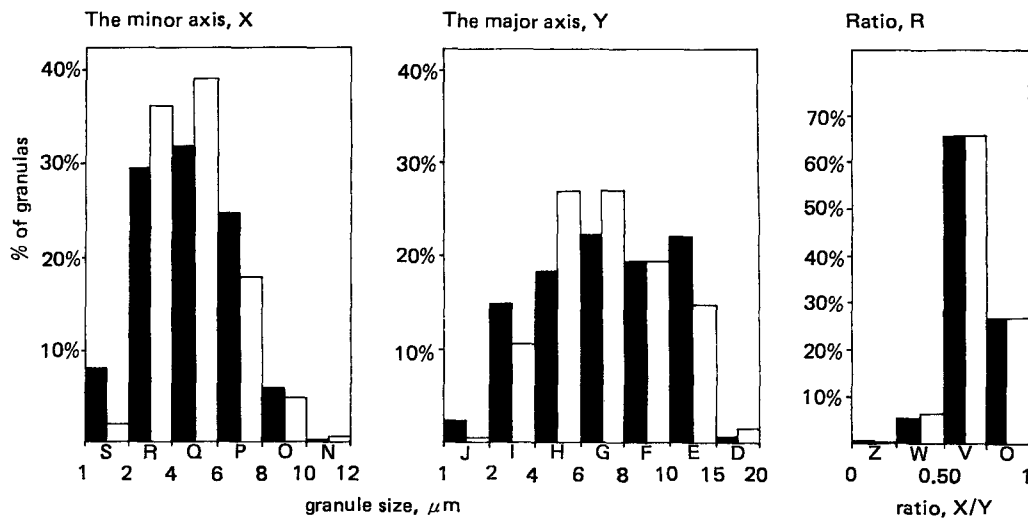


Fig. 2. Size distribution of acorn crude starch (solid bars, ■) and refined starch (empty bars, □).

는 입자의 비율이 조전분은 77.4%, 정제전분은 83.8%로 훨씬 많았고 그중에서도 6~8 μm 범위에 최다분포되어 있었다. 또한 10 μm 이상에서도 주로 10~15 μm 범주에 거의 대부분이 속하고 15 μm 이상은 1%내외만 존재하였다. 장단경의 비율은 0.5~0.75 사이에 최다분포

되어 있었고 0.25 이하는 거의 나타나지 않았다.

도토리 전분입자의 장축(Y)과 단축(X) 사이의 상관관계를 조사하기 위하여 회귀분석을 실시한 결과($n=2,000$), 장축과 단축간에는 다음 회귀식이 성립하였다($p<0.0001$):

$$Y=1.449 X+0.360 \quad (r=0.8856)$$

여기서 상관계수가 0.89로서 비교적 높은 편이므로 도토리 전분입자의 크기 측정시에 단경이나 장경중에서 한가지만 측정하는 방법도 고려될 만하다고 생각되어진다.

2. 도토리 전분겔의 미세구조

주사전자현미경에 의한 도토리 전분겔의 표면구조 검사 결과(Fig. 3), 조전분겔과 정제전분겔의 표면구조가 상당히 다른 양상을 보임을 알 수 있었다. 조전분겔의 표면은 입자들이 팽창하여 그대로 층층이 쌓여진듯한 형상이었고, 정제전분겔의 표면구조는 다소 섬유상의 구조를 가지고 있는 것으로 보였다.

3. X-선 회절도

도토리 조전분 및 정제전분의 X-선 회절도는 Fig. 4와 같았다. 즉 2θ 값이 15.2, 17.2, 18.0, 23.3등에서 강한 peak를 보이고, 2θ 5.73에서의 peak는 range, 4000 cps로 보았을 때는 거의 나타나지 않았으나 range, 2000 cps로 보면 아주 약하기는 하지만 peak가 나타나고 있었다. 따라서 본 실험의 시료인 도토리 조전분 및 정제전분은 C형의 X-선 회절도를 나타낸다고 볼 수 있었다. 일반적으로 전분의 회절도형은 품종, 생육조건, 건조방법등에 따라 변화가 생긴다는 보고들이 있었다¹⁰⁾. 도토리 전분의 X-선 회절도에 대한 보문으로서 김등¹¹⁾은 도토리 전분의 품종에 따라 각각 감자나 옥수수 전분과 비슷한 경향을 보이고 있는데, 이는 품종 및 생육환경이 다른 까닭으로 생긴 결정구조의 변화로 추정된다고 보고 하였다. 또한 건조방법에 따라서도 풍건한 시료는 B형에, 100°C로 습열처리한 시료는 A형에 가까운 결정구조를 보인다고도 하였다. 그러나 구등⁴⁾은 본 논문의 실험결과와 동일하게 도토리 전분의 X-선 회절도를 C형으로 보고하였다.

한편 도토리 조전분 및 정제전분을 호화 냉각시킨 전분겔들의 X-선 회절양상은 Fig. 5와 같았다. 도토리 조전분겔 및 정제전분겔은 조전분이나 정제전분의 회절양

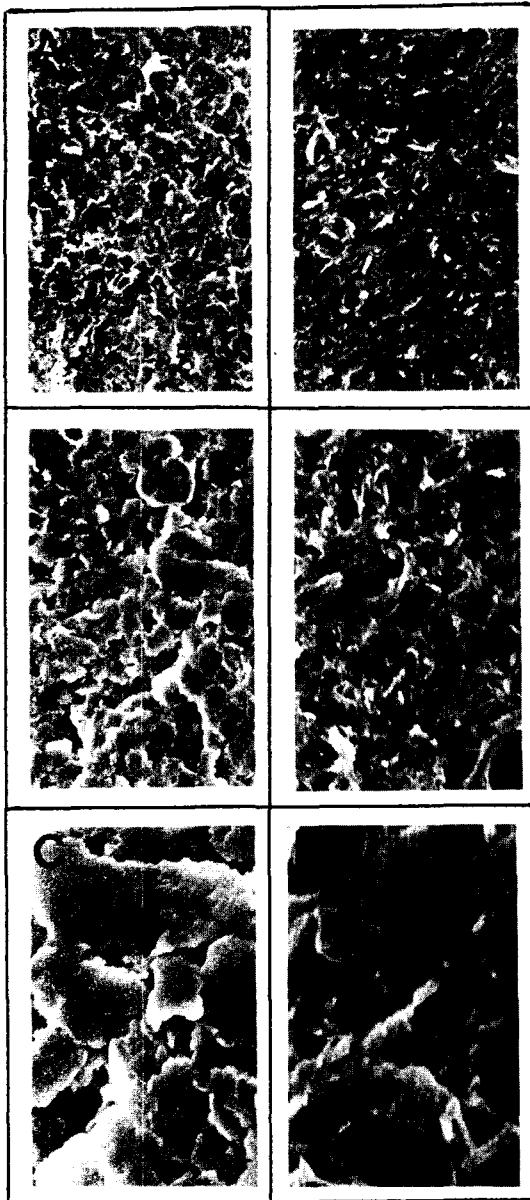


Fig. 3. Scanning electron micrographs of acorn crude starch gel (A;500 \times , B;1,200 \times , C;3,000 \times) and refined starch gel (D;500 \times , E;1,200 \times , F;3,000 \times).

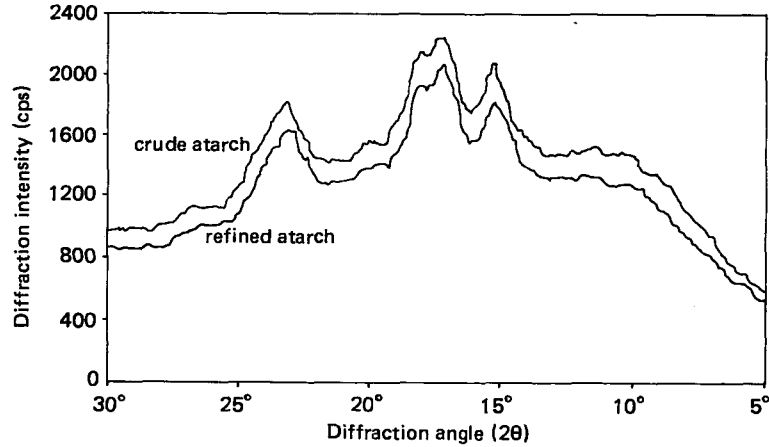


Fig. 4. X-ray diffraction patterns of acorn crude and refined starch.

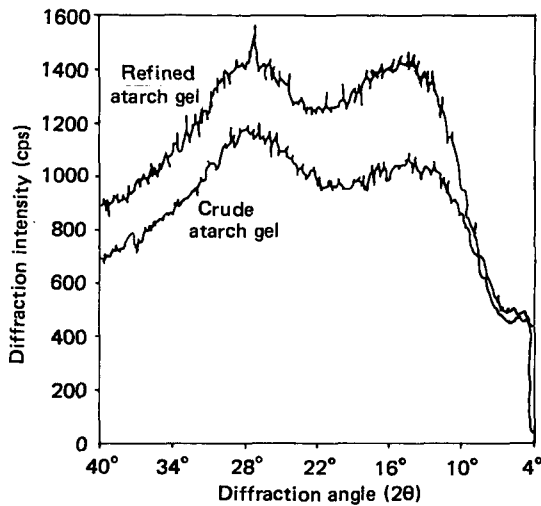


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of acorn crude and refined starch gels.

상과는 매우 다르게 2θ 14.5~15.0, 26.8~27.4에서 극대값을 보이고 있었다. 그런데 분말일 때는 조전분이 정제전분보다 약간 높은 회절강도를 보인데 비해, 전분겔 상태에서는 오히려 정제전분겔이 조전분겔보다 회절강도가 다소 높게 나타나고 있었다.

IV. 요약

도토리 전분 및 전분겔의 형태학적 특성을 주사전자현미경 및 X-회절도를 사용하여 조사하였다. 주사전자현

미경에 의해 관찰한 도토리 전분입자의 형상은 대부분이 모서리가 둥글어진 삼각형이나 타원형이었다. 도토리 전분의 장경, 단경을 측정하여 각각의 분포양상을 분석하였고, 그로부터 얻은 평균치는 단경이 $4.785\ \mu\text{m}$, 장경이 $7.30\ \mu\text{m}$ 이었고, 장단경의 비율은 0.68이었다. 도토리 전분겔의 표면구조 검사결과 조전분겔의 표면은 입자들이 팽창하여 그대로 층층이 쌓여진듯한 형상이었고, 정제전분겔은 다소 섬유상의 구조를 나타내어 서로 상당히 다른 양상을 보였다. 또한 X-선 회절도에 의하여 도토리 전분입자의 결정성을 조사한 결과 C-type으로 분석되었다. 전분겔의 X-선 회절양상은 호화에 의한 전분입자의 붕괴로 인하여 전분의 경우에는 매우 다르게 2θ 14.5~15.0, 26.8~27.4에서 극대값을 보였고, 정제전분겔의 회절강도가 조전분겔보다 다소 높게 나타나고 있었다.

REFERENCES

- 1) 방신영 : 조선음식 만드는 법. 대양공사출판부, p. 329 (1946)
- 2) Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, 55(5), 661 (1978)
- 3) Pomeranz, Y.: Scanning electron microscopy in food science and technology, in *Advances in food research*. Chichester, C.O. (ed), Academic Press, New York, Vol. 22, p. 205 (1976)

- 4) 구성자, 장정옥, Nakahama, N. and Kobayash, M.: 도토리 전분묵의 rheology 특성과 tannin 성분의 영향에 대하여, 대한가정학회지, **23**(1), 33 (1985)
- 5) 배광순, 손경희, 문수재: 묵의 구조와 텍스처, 한국식품과학회지, **16**(2), 185 (1984)
- 6) 조무제, 윤한대: 가열우육의 조직변화에 관한 전자현미경적 관찰. 한국식품과학회지, **14**(1), 30 (1982)
- 7) French, D.: Organization of starch granules. In *starch*, 2nd ed., Whistler, R.L. Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. (ed), Academic Press, Orlando, p. 183 (1984)
- 8) Zobel, H.F.: X-ray analysis of starch granules. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (ed), Academic Press, New York, Vol. 4, p. 109 (1964)
- 9) Mercier, C., Charbonniere, R., Gallant, A. and Guilbot, A.: Structural modification of various starches by extrusion cooking with a twin-screw french extruder. In *Polysaccharides in Food*, Blanshard, J.M. V. and Mitchell, J.R. (ed) Butterworths, London, p. 153 (1979)
- 10) 김완수: 각종 전분으로 만든 교질상 식품의 특성에 관한 연구-녹두 전분의 이화학적 성질. 서울대학교 석사학위논문 (1980)
- 11) 김정옥, 이만정: 도토리 전분의 이화학적 성질에 관한 연구. 한국식품과학회지, **8**(4), 230 (1976)