

## 고사리(*Pteridium aquilinum*) 뿌리 전분의 이화학적 특성에 관한 연구

### 1. 전분의 일반 성상 및 화학적 특성

조 재 선

동덕여자대학 식품영양학과

(1977년 11월 19일 수리)

## Physico-chemical Properties of Bracken (*Pteridium aquilinum*) Root Starch

### 1. Morphology and Chemical Properties

Jae-Sun Jo

Dept. of Food & Nutrition, Dong Duk Women's College, Seoul

(Received November 19, 1977)

#### Abstract

The morphology and chemical properties of bracken (*Pteridium aquilinum*) root starch were investigated. The starch granules were mainly sphere and cocoon with the diameter of 5-12 $\mu$ . Polarized micrograph indicated that the starch granule had a hilum at the center of granule, showing a crossed-birefringence. X-ray diffraction pattern demonstrated that the granules showed B-type. The density of the starch was 1.49 and the amylose content was 22%. The ferricyanide number and alkali number were 0.292 and 11.03, respectively. Proximate analysis showed that the starch contained 0.52% lipid, 0.63% ash and 150ppm phosphorus of which over 80% were found in the amylopectin fraction. The iodine affinity and molecular weight of amylose were 16.1 and 83,000 respectively. The degree of branching and glucose units per segment of amylopectin were 3.7% and 27, respectively.

#### 서 론

고사리(*Pteridium aquilinum*)는 다년생 羊齒식물로 서 온대지방과 열대지방에 널리 분포되어 있다.<sup>(1,2)</sup>

고사리 뿌리는 약 20cm 정도의 지하에 수평으로 뻗어나가 網狀구조를 이루고 군데 군데 줄기가 지상으로 솟아나 있다. 직경 1cm 내외의 主根에는 약 5~35%(건물중)의 전분이 들어있으며 이 전분의 함량은 계절에 따라 달라진다. 즉, 지상부가 枯死한 직후인 12월부터 이듬해 1월까지가 전분의 함량이 가장 높고 그 이후에

는 차차 감소되어 5~6월에는 약 5%에 이르렀다가 그 후 다시 증가한다(Fig.1).

고사리는 우리나라 전 지역에 분포되어 있는데 특히 제주도 한라산 일대에 많이 야생하고 있으며 고사리뿌리의 추정량은 수백 단 톤에 달한다.<sup>(3)</sup>

종래 고사리는 봄 일찍이 싹터 나오는 순을 잘라서 물에 담가 유해물질을 제거한 후에 식용하였고 뿌리의 전분은 흉년의 비상식량으로 사용되기도 하였다.<sup>(4-6)</sup> 또한 최근 일본에서는 고사리 뿌리 전분을 제과, 제약 및 기타 공업 원료로 이용하고 있다.

그러나 고사리 뿌리 전분에 대해서는 별로 연구된 것

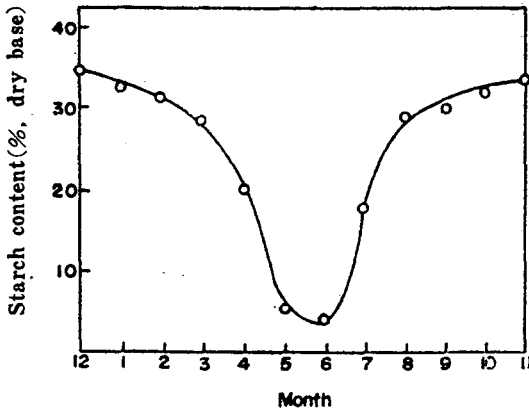


Fig. 1. Seasonal variations of starch content in bracken root

이 없는 바, 본 연구에서는 고사리 뿌리 전분의 특성에 관한 일련의 연구중 우선 이 전분의 일반성상과 화학적 특성을 검토하였다.

재료 및 실험방법

1. 재 료

전분제조용 원료는 제주도 한라산 일대(북제주군 구좌면 월정리 및 남제주군 남원면 한남리)야산에서 채

취한 고사리 뿌리를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 시료 전분의 조제

고사리 뿌리를 물로 세척하여 흙, 모래를 제거한 다음 약 1cm크기로 절단하여 Waring blender를 사용하여 분쇄하였다. 이것을 120mesh와 270mesh체로 치고 원심분리(7,000rpm×10min)하여 침전된 전분을 0.1M NaCl 용액에 분산시켜 다시 원심분리하여 정제하되 이와 같은 조작을 3회 반복하여 정제 전분을 얻었다. 정제 전분은 풍건한 다음 70mesh체로 친후 실험에 사용하였다.

2) 전분 입자의 형태학적 관찰

현미경 관찰 : 50% glycerine 수용액에 전분농도가 5%가 되도록 전분시료를 분산시키고 0.02% 요오드용액으로 염색하여 Olympus Co. 제의 광학 현미경과 편광현미경으로 전분입자의 크기, 내부구조 및 birefringence등을 관찰하였다.

한편 전분 입자의 外形은 전분 시료를 금으로 진공蒸着시켜 scanning electron microscope(미국 Material Analysis Co., Model MAC 400)을 사용하여 관찰하였다.

X-선회折<sup>(7)</sup> : 전분 시료를 10×20×2mm 의 알루미늄 상자에 충전하여 diffractometer(North American Philips Co.)를 사용하여 회折圖를 구하였다.

비중 측정<sup>(8)</sup> : Pycnometer를 사용하여 xylene치환법으로 측정하였다.

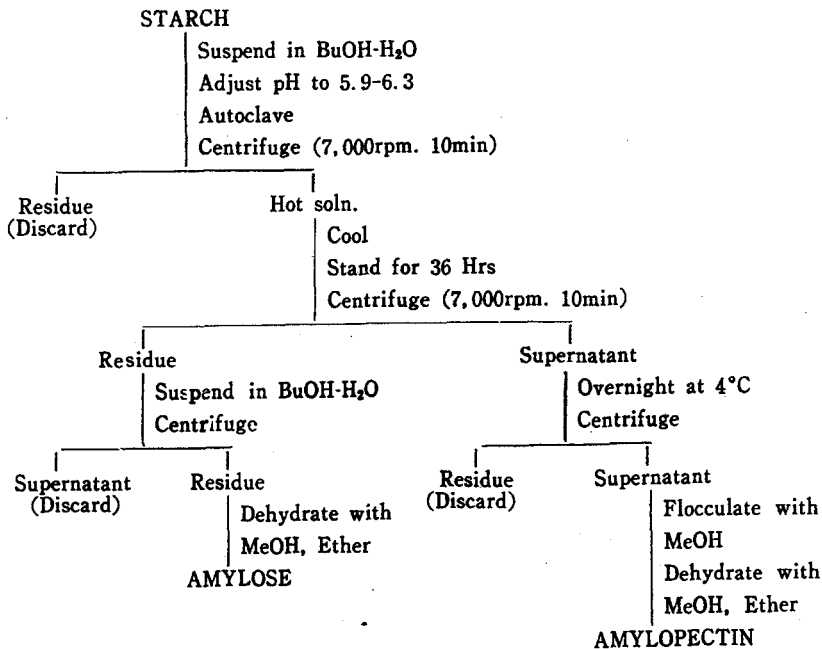


Fig. 2. A schematic procedure for the fractionation of bracken root starch

3) 전분의 화학적 특성

**일반성분 및 지방산** : 전분의 일반성분은 AOAC표준 시험법<sup>(9)</sup>에 따랐고, 지방산 조성은 전분에서 추출한 지방을 검화시킨 다음 BF-methanol법으로 methyl ester를 만들고 chloroform에 녹여 gas chromatograph (Varian Co., Model 204)로 분석하였다<sup>(10)</sup>

**Amylose 및 amylopectin의 분획** : Schoch<sup>(11)</sup>의 butanol 분별 침전법 및 Montgomery와 Senti<sup>(12)</sup>의 방법을 절충하여 Fig. 2와 같이 amylose와 amylopectin을 분획하였다.

**Amylose의 정량** : 전분의 amylose함량은 iodi-colorimetric방법<sup>(13)</sup> 및 potentiometric방법<sup>(14)</sup>에 의거 정량하였다.

**Iodine affinity<sup>(15,16)</sup> 및 blue value<sup>(17)</sup>** : Iodine affinity는 potentiometric titration curve로부터 구하였고, blue value는 680nm에서 흡광도를 측정 환산하였다.

4) 전분의 말단기 분석

**Farricyanide number**는 Lansky 등<sup>(18)</sup>의 방법으로, **alkali number**는 Schoch<sup>(19)</sup>의 방법으로 구하였다.

전분 분획물의 **periodate oxidation**은 Halsall<sup>(20)</sup>의 방법으로 행하였으며 이때 생성된 formic acid의 양

으로부터 다음 식을 이용하여 특성치를 구하였다.

$$\text{Amylose의 분자량} = \frac{\text{amylose(g)} \times 3}{\text{생성된 formic acid(mg)}}$$

$$\text{Amylopectin의 分枝度} = \frac{\text{생성된 formic acid(mole)}}{\text{시료의 glucose(mole)}} \times 100$$

Amylopectin의 glucose unit/segment

$$= \frac{\text{시료의 glucose (mole)}}{\text{생성된 formic acid(mole)}}$$

결과 및 고찰

1. 전분 입자의 형태

Scanning electron microscope를 사용하여 살펴본 전분입자의 형태는 대개 長球形 또는 누에고치처럼 중앙부위가 가늘게 되어 있다(Fig. 3-A).

한편 광학현미경으로 본 내부 구조는 그림 3-B,C에서 보는 바와 같이 대부분 하나의 hilum을 가진 單粒體로서 주위에 glucose chain이 同心圓을 그리는 micelle 구조를 이루고, hilum은 입자의 중앙에 있으나 어떤 것은 한곳에 偏在되어 있는 것도 있다.

또한 편광현미경을 사용하여 관찰한 결과(Fig. 3-D)를 보면 전분 입자는 黑十字形과 V字形的 중간정도의

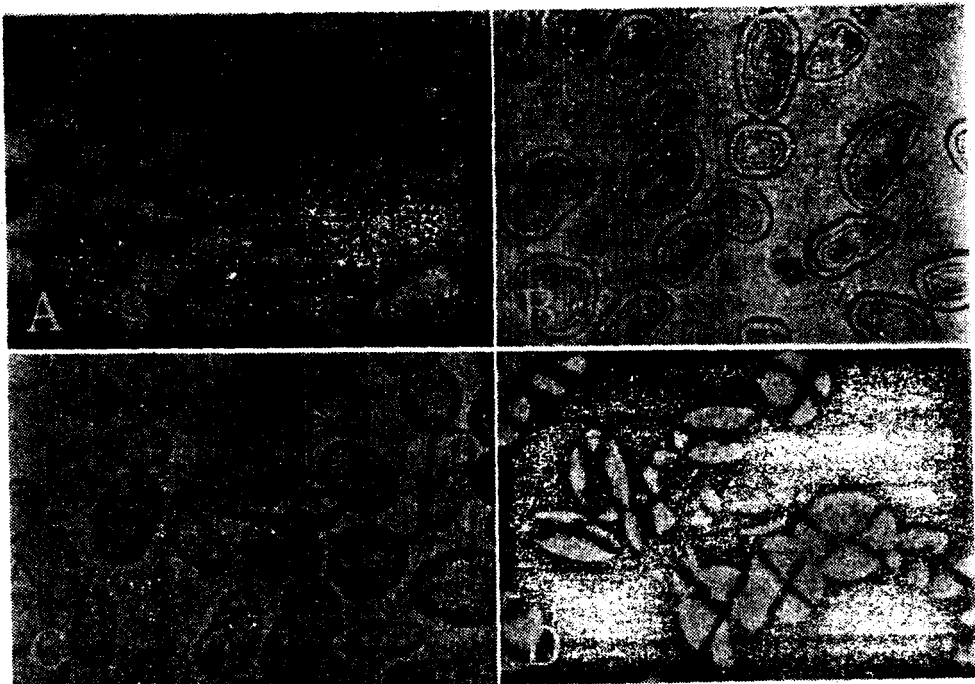


Fig. 3. Photographs of bracken root starch granules  
 A: Scanning electron micrographs (700×)      B,C: Photo micrographs (700×)  
 D: Polarized micrographs (700×)

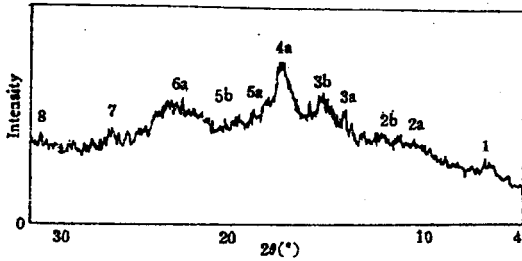


Fig. 4. X-ray diffraction pattern of bracken root starch

Table 2. Interplaner spacings of bracken root starch and other starches

(unit: Å)

Name of ring	Bracken root starch	Potato starch (21)	Corn starch (21)	Rice starch (21)
1	14.73	15.7	—	—
2a	8.2	8.8	8.8	8.8
2b	7.4	7.8	7.8	7.9
3a	6.37	6.28	—	—
3b	5.88	5.92	5.88	5.88
4a	5.10	5.19	5.18	5.21
4b	—	—	4.93	4.91
5a	4.85	4.56	4.48	4.44
5b	4.51	4.36	—	—
6a	4.00	4.04	3.85	3.86
6b	3.80	3.70	3.74	3.74
7	3.35	3.40	3.39	3.41

birefringence를 나타내고 있다. 이는 중심으로 부터 확장되는 어떤 규칙적인 구조로 되어 있음을 뜻한다.

X-선 회절법으로 전분의 결정 구조를 살펴 본 회절곡선은 Fig. 4와 같고 각 環의 面間隔을 다른 전분과 비교하여 보면 Table 1과 같다.

Katz 등 (20)은 천연 전분의 회절도형을 나타내는 環의 유무 및 회절 강도에 따라서 A형 (cereal type), B형 (tuber type) 및 C형 (A형과 B형의 중간형)으로 구분하였는 바, 고사리 뿌리 전분은 4b와 6C環이 없고, 1環의 면간격이 크며, 4a環의 회절 강도가 강하여 지하전분의 전형적인 결정 구조인 B형임을 알 수 있다 (21)

한편 전분 입자의 크기는 대체로 직경 5~20μ에 걸쳐 있으나 90%이상의 입자가 5~12μ, 평균 직경은 10μ이었다 (Fig. 5).

입자의 비중은 1.49로서 대부분의 다른 전분의 비중 1.52~1.54 (22)보다 다소 작았다.

2. 전분의 화학적 특성

고사리 뿌리 전분의 미량 성분을 보면 지방이 0.52%

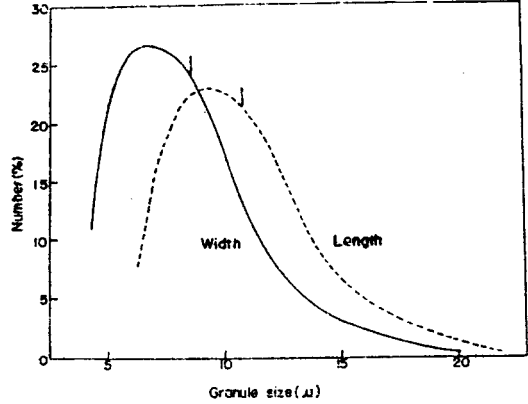


Fig. 5. Granule size distribution of bracken root starch

Arrow indicate respective number of average granule diameter

로서 (Table 2) 이는 다른 지하 전분의 지방 함량이 0.1% 이하 (23) 인데 반해서 다소 높았다. 분리된 지방의 지방산 조성을 보면 palmitic acid 및 linoleic acid가 전체 지방산의 90%이상으로 (Table 3) 곡류 전분의 지방산 조성과의 유사함을 알 수 있다.

한편 전분중에는 磷이 glucose와 ester결합을 하고 있는바, (24) 고사리 뿌리 전분의 인의 함량을 보면 탈지하지 않은 전분에 150ppm, 탈지 전분에 114ppm, amy-

Table 3. Minor constituents in bracken root starch

Component	Fat (%)	Ash (%)	Phosphorus (ppm)
Sample			
Starch	0.52	06.3	150
Defatted starch	—	0.51	110
Amylose	—	—	10
Amylopectin	—	—	114

\*dry basis

Table 3. Distribution of fatty acids in bracken root starch and other starches

(unit: g/100g of fat)

Fatty acid	Bracken root starch	Corn starch (23)	Wheat starch (23)	Sorghum starch (23)
Myristic acid	1.43	—	—	0.4
Plamitic acid	41.5	21.2	35.0	31.6
Stearic acid	3.9	7.8	—	5.4
Hexadecanic acid	—	—	—	0.6
Oleic acid	31.6	37.7	40.0	22.0
Linoleic acid	17.4	31.3	24.0	39.9
Linolenic acid	4.0	1.2	—	—

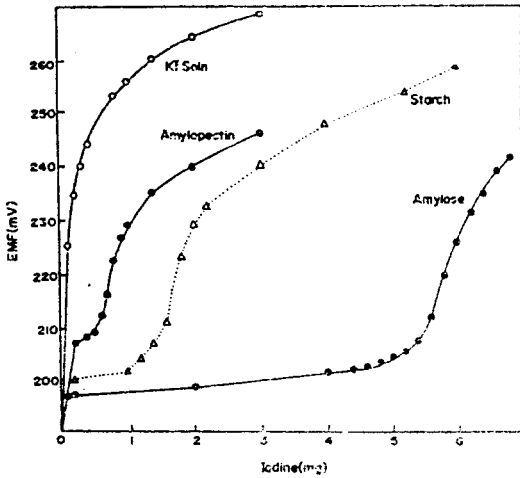


Fig. 6. Potentiometric titration curves of bracken root starch and its fractions

lose에 10ppm 및 amylopectin에 110ppm이 들어 있어 대부분이 amylopectin에 함유되어 있음을 알 수 있다.

고사리 뿌리 전분의 amylose함량은 iodi-colorimetric method에 의하여 측정된 결과 22%이었고, potentiometric titration에 의한 결과는 21.5% (Fig. 6 참조)이었다. 이는 amylose 함량이 24~25% 들어 있는 감자 전분보다는 낮으나 그 함량이 18%인 tapioca전분보다는 높은 편이다.<sup>(25)</sup>

한편 Fig. 6으로부터 각각의 변곡점에서 첨가한 요오드량과 유리상태의 요오드량 간의 상관 곡선으로부터 구한 전분의 iodine affinity는 16.1이었고, amylopectin의 경우는 0.8로서 거의 반응을 하지 않았으며 전분의 그것은 2.5이었다.

요오드와의 친화성을 보는 또 한가지 방법인 blue value는 amylose가 1.1, amylopectin이 0.2, 그리고 전분이 0.4로서 이는 쌀 전분의 0.42<sup>(26)</sup>와 비슷하였다.

고사리 뿌리 전분 및 그 분획물의 몇가지 이화학적

성질을 보면 Table 4와 같다. 즉, 시료 전분의 alkali number 11.03은 tapioca (5.9~6.9)나 감자(5.7~6.9)보다 높으며 오히려 곡류 전분(9.7~12.2)<sup>(18)</sup>에 가까운 편이다. 한편 amylose의 분자량은 83,300으로서 감자 (260,000) 및 tapioca(360,000) 전분보다 대단히 작았다. 분자량으로부터 추정된 amylose의 중합도는 514로서 소맥 및 옥수수 전분의 540 및 490에 가까운 편이다.<sup>(27)</sup>

Amylopectin의 분지도를 보면 3.7로서 밀전분의 4.4~4.8<sup>(28)</sup>에 비하면 작은 편이다. 그리고 segment당 포도당 분자수는 27이었다.

### 요 약

고사리 뿌리 전분의 일반 성상 및 화학적 특성을 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 각종 현미경으로 전분입자를 관찰한 결과 외형은 長方球形 또는 누에고치형이었고 입자의 크기는 長徑 10 $\mu$ , 短徑 8 $\mu$ 이고 대부분이 직경 5~12 $\mu$ 범위였다. 전분입자는 중앙에 hilum을 가진 單粒으로서 十字形의 birefringence를 보였다.
2. X-선분석에 의한 전분입자의 결정 구조는 전형적인 지하전분의 구조인 B형이었다.
3. 전분에는 인이 150ppm함유되어 있었으며 이는 대부분 amylopectin에 함유되어 있었다.
4. 전분의 비중은 1.49, amylose함량은 22%, ferricyanide number는 0.292, alkali number 11.03 그리고 blue value는 0.4이었다.
5. Amylose의 iodine affinity는 16.1, 분자량은 83,300, amylopectin의 분지도는 3.7%, segment당 glucose unit는 27이었다.

본 연구를 도와 주신 김성근박사, 한태룡석사 및 여러분에게 심심한 감사를 드린다.

### 참 고 문 헌

- 1) 이창복 : 야생식물도감, 임업시험장, p.3(1969).
- 2) 牧野富太郎 : 新日本植物圖鑑. 北隆館 p.18(1968).
- 3) 권태완, 조재선, 이강일. 남궁배 : 연구보고서. BS J83-760-3, KIST p.39 (1976).
- 4) 東方籟 : 非常食糧の研究. 東洋書館, p.190(1644).
- 5) Coquillat: *Bull. Mens. Soc. Linneenne Lyon*, 19, 173 (1950).
- 6) Wolfgang, R. and Muller Stoll: *Pharmazie*, 4 (3), 122 (1951).

Table 4. Physico-chemical properties for bracken root starch

Item	Sample	Starch	Amylose	Amylopectin
Molecular weight	—	—	$8.33 \times 10^4$	—
Branching%	—	—	—	3.73
Glucose unit/segment	—	—	—	26
Ferricyanide number	—	0.292	—	—
Alkali number	—	11.03	—	—
Blue value	—	0.4	1.1	0.2
Iodine affinity	—	—	1.61	0.8

- 7) 檜作進・二國二郎: 農化(日), 31 (6), 371 (1957).
- 8) Leach, H. W. and Schoch, T. J.: *Cereal Chem.*, 38, 40 (1961).
- 9) Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis (10th ed.). The Association, Washington, D. C. (1972).
- 10) Metcalfe, L. D., Schmitz, A. A. and Pelka, J. R.: *Anal. Chem.*, 39, 594 (1966).
- 11) Schoch, T. J.: *Adv. Carbohydrate Chem.*, 1, 247 (1945).
- 12) Montgomery, E. M. and Senti, F. R.: *J. Polymer Sci.*, 28, 1 (1958).
- 13) McCready, R. M. and Hassid, W. Z.: *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1154 (1943).
- 14) Wolff, I. A., Gundrum, L. J., and Rist, C. E.: *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5188 (1950).
- 15) Schoch, T. J.: "Methods in Enzymology" Colowick, S. P. and Kaplan N. O. (eds.), Academic Press Inc., Vol. 3, p.13 (1957).
- 16) Lansky, S., Kooi, M. and Schoch, T. J.: *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 4066 (1949).
- 17) Schoch, T. J.: "Methods in Carbohydrate Chemistry", Whistler, R. L., Smith, R. J., BeMiller, J. N., and Wolfrom, M. L. (ed). Academic Press, Vol. IV, p.64 (1964).
- 18) Schoch, T. J. and Jensen, C. C.: *Ind Eng. Chem., Anal. Ed.*, 12, 531 (1940).
- 19) Halsall, T. H., Hirst, E. L., and Jones, J. K. N.: *J. Chem. Soc.*, 1339 (1947).
- 20) Katz, J. R.: *Z. Physik. Chem. (A)*, 150, 90 (1930).
- 21) 檜作進: 덴ンプンハンドブック, (二國二郎編), 朝倉書店, p.58 (1966).
- 22) 奈良省三・山口獻三・戸嶋進: 澱粉工業學會誌. 16 (1), 5 (1968).
- 23) Gracza, R.: Starch, Chemistry and Technology, Whistler, R. L. and Paschall, E. F. (ed.), Academic Press, p.111 (1965).
- 24) 田端司郎・檜作進: 澱粉科學, 22(2), 27(1975).
- 25) 小林恒夫 덴ンプンハンドブック, (二國二郎編), 朝倉書店, p.232 (1966).
- 26) 金載勳, 李啓瑚, 金銅淵: 한국농화학회지. 15, 65 (1972).
- 27) Potter, A. L. and Hassid, W. Z.: *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 3448 (1948).
- 28) Berry, C. P., D'Appolonia, B. L. and Gilles, K. A.: *Cereal Chem.*, 48 (4), 415 (1971).