

## 두류전분의 이화학적 특성 비교

권미라 · 안승요

서울대학교 가정대학 식품영양학과

### Comparison of Physicochemical Properties of Legume Starches

Mee-Ra Kweon and Seung-Yo Ahn

Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea

#### Abstract

Physicochemical properties such as amylose content, swelling power, gelatinization and DSC of legume starches were investigated. The granule shape of legume starches was oval. The size of cowpea and mung bean were smaller than kidney bean and red bean. The amylose content of mung bean and kidney bean was larger and were 25~29%. Swelling power of kidney bean starch was much lower than other starches in all temperature range. In gelatinization temperature by Brabender amylogram, red bean starch was low, but kidney bean starch was rather high. Amylographic hot-paste viscosity and set back of cow pea, mung bean and red bean starches were high. But those of kidney bean starch were very low. DSC results indicated kidney bean starch gelatinized in higher temperature. From above results, cow pea and mung bean starches were similar in granule size and shape, solubility and swelling power, amylogram, and DSC thermogram. But kidney bean starch was very different and red bean starch was slightly different with the physicochemical properties of cow pea and mung bean starches.

Key word: physicochemical properties, legume starches, Brabender amylogram, differential scanning calorimetry

## 서 론

저단백, 고탄수화물 두류에 속하는 동부, 녹두, 팥, 강남콩 등은 전분, 환원당, 비환원당, 라피노오스 등의 소당류를 포함하여 약 60%의 탄수화물을 가지고 있으며 대부분은 전분으로 되어 있다.

두류전분에 대한 연구는 지금까지 많이 이루어지지 않아서 곡류나 괴경류에 비해 상당히 부족한 편이다. 그러나 Faki 등<sup>(1)</sup>의 병아리콩(chick pea), 동부(cow pea), 잠두콩(horse grams)의 이화학적 특성, 김 등<sup>(2)</sup>의 동부전분의 특성, 김 등<sup>(3)</sup>의 녹두전분의 특성, Lai 등<sup>(4)</sup>에 의한 흑두(black bean) 전분의 특성, Lineback 등<sup>(5)</sup>의 병아리콩과 잠두콩가루의 특성 등 몇편의 두류전분에 대한 연구들<sup>(1-7)</sup>은 곡류나 괴경전분과의 차이를 보이는 두류의 특성을 규명하려는 시도였다.

그러나 두류전분 중 특히 동부나 녹두는 목 제조에 이용되고 있지만 강남콩이나 팥은 목의 재료로 이용되지 않고 있다. 이렇듯 같은 두류 전분이라 하더라도 각각의 종류에 따라 겔 특성이 다르기 때문에 두류전분간의

특성이 어떻게 다른가를 규명할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 두류전분 겔의 특성 차이를 규명하는 기초 자료를 마련하고자 두류전분 중목의 재료로 이용되는 동부와 녹두, 목의 재료에 이용되지 않는 팥과 강남콩을 선택하여 그들로부터 분리한 전분의 이화학적 특성을 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

동부, 녹두 적두(팥), 강남콩(붉은색)을 1991년 1월 진로도매센터에서 구입하여 사용하였다.

### 전분의 제조

전분은 알카리 침지법<sup>(8)</sup>에 의하여 분리하였다.

### 입자의 크기와 형태

전분입자의 형태 및 크기는 광학현미경과 편광현미경(Nikon Co. Japan)을 사용하여 400배로 확대하여 관찰하였고, 입자의 표면은 주사전자현미경(JEOL JXA Superprobe 733)을 사용하여 780배로 관찰하였다.

### 아밀로오스 함량

Corresponding author: Seung-Yo Ahn, Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

전분의 아밀로오스 함량은 Williams 등<sup>(8)</sup>의 비색법으로 정량하였다. 아밀로오스의 표준곡선은 Montgomery와 Senti의 방법<sup>(9)</sup>에 의해 동부전분으로부터 아밀로오스와 아밀로펙틴을 분리한 다음 일정비율로 혼합하여 같은 방법으로 실험하였다.

**X-선 회절도**

X-선 회절기(Rigaku Co.)를 이용하여 Target, Cu-K<sub>α</sub> : filter, Ni ; 35 KV ; 15 mA의 조건으로 회절각도 5~40도까지 회절시켜 분석하였다.

**팽윤력과 용해도**

팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법<sup>(10)</sup>을 개량하여 구하였다.

**호화 중 전분입자의 형태변화**

호화에 따른 전분입자의 형태변화를 조사하기 위하여 2.5% 전분 현탁액을 소정온도에서 30분간 가열한 후 알콜과 에테르로 탈수하고 진공건조하여 이를 주사전자현미경으로 관찰하였다.

**아밀로그래프에 의한 호화**

Brabender Viso/Amylo/Graph를 이용하여 Medcalf와 Giles의 방법<sup>(11)</sup>으로 8%(건물중량) 전분현탁액을 30C 에서 95C 까지 각각 분당 1.5C 의 속도로 가열하고 95C 에서 15분간 유지시킨 후 같은 속도로 50C 까지 30분간 유지시켰다.

**Differential Scanning Calorimetry(DSC)**

Donovan<sup>(12)</sup> 방법에 따라 시료전분과 증류수를 1 : 1의 비율로 섞어 현탁액을 만든 후 미리 칭량한 알루미늄 용기에 넣고 밀봉한 다음 20C 에서 130C 까지 10C / min의 속도로 가열하여 endothermic peak를 얻었다.

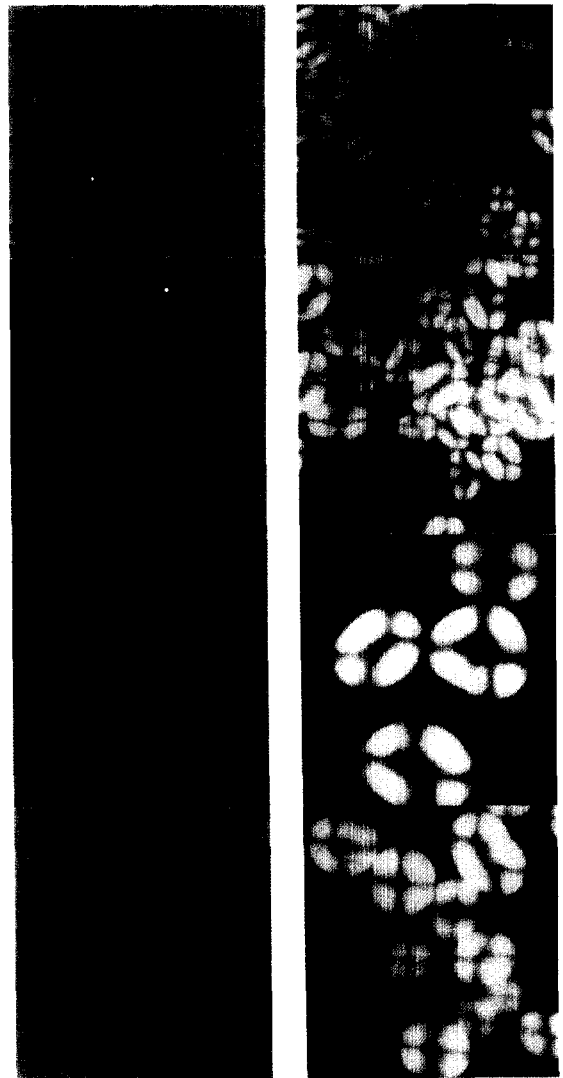
**결과 및 고찰**

**전분입자의 형태 및 크기**

입자의 크기는 Table 1에서와 같다. 동부와 녹두는 크기가 작고 비슷하지만 강남콩은 약간 더 크고, 팥은 훨씬 더 큰 것이 특징이었고 이들은 대체로 곡류전분보다

크나 괴경전분보다는 작았다.

입자의 형태는 Table 1 및 Fig. 1, 2와 같다. 녹두, 동부 및 강남콩전분의 입자는 대부분 타원형이었고 둥근형도 섞여 있었으며, 팥은 대부분 둥글고 타원형도 섞여 있었다. 중앙에는 hilum이 금간 것처럼 발달되어 있고, 가장자리에는 몇개의 동심원이 보였으며 팥이 가장 뚜렷하였다. 편광현미경을 통해 본 전분 입자는 모두 복굴절 현상이 뚜렷하였고, 주사전자현미경으로 관찰한 입자 표면은 둥글고 매끄러웠다(Fig. 2). 이러한 두류 전분의 형태는 Faki 등<sup>(13)</sup>을 비롯한 여러 연구자들의 두류 전분에 대한 연구 보고와 일치하였다.



**Fig. 1. Photomicrographs of legume starches under normal (left) and polarized (right) light**  
cow pea (1), mung bean (2), red bean (3), and kidney bean (4)

**Table 1. Phychochemical characteristics of legume starches**

Vatiety	Ggranule Size(μm)	Granule shaped	X-ray type	Amylose content(%)
Cow pea	5-30	oval	C <sub>α</sub>	26.6
Mung bean	8-35	oval	C <sub>α</sub>	28.9
Red bean	13-50	oval	C <sub>α</sub>	25.6
Kidney bean	11-45	oval	C <sub>α</sub>	28.5

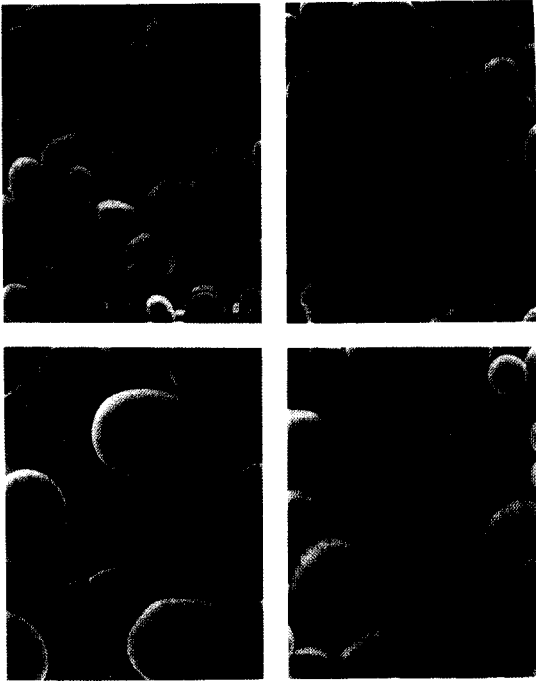


Fig. 2. Scanning electron micrographs of cow pea (top, left), mung bean (top, right), red bean (bottom, left) and kidney bean (bottom, right)

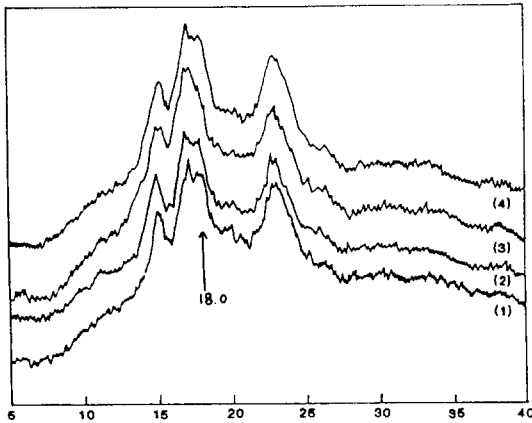


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of legume starches: cow pea (1), mung bean (2), red bean (3), and kidney bean (4)

**아밀로오스 함량**

시료 전분의 아밀로오스 함량은 Table 1에 나타냈으며, 시료 전분간에 큰 차이를 보이지 않았다. 이들 결과는 김<sup>(1)</sup> 등이나 Kawamura 등<sup>(13)</sup>의 보고와 약간의 차이를 보였으며 Navikul과 D'Appolonia<sup>(14)</sup>는 아밀로오스 함량의 결과가 연구자들 사이에 차이를 보이는 것은 아밀로오스 함량의 결정에 사용된 방법과 요오드 친화력 측정 방법

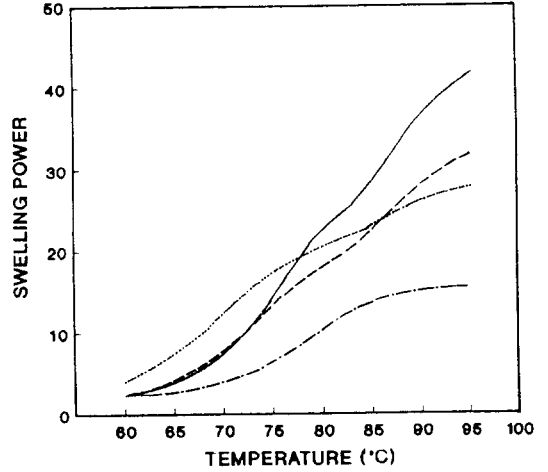


Fig. 4. Swelling power of legume starches: —; cow pea, - - -; mung bean, ·····; red bean, ···; kidney bean

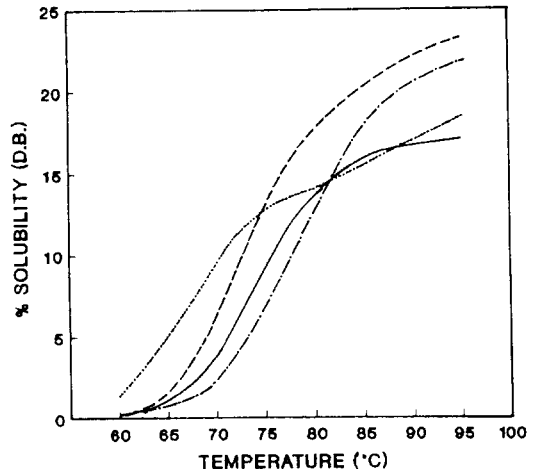


Fig. 5. Solubility of legume starches: —; cow pea, - - -; mung bean, ·····; red bean, ···; kidney bean

(colorimetric, potentiometric), 아밀로오스 함량 계산 방법 및 종들의 재배지가 다르기 때문이라고 하였다. 또한 Kawamura<sup>(15)</sup>는 두류전분에서 아밀로오스 함량은 측정방법에 따라 다르며, 전분의 양과 아밀로오스 함량 및 전분의 분자량은 두류 씨앗이 성숙됨에 따라 증가된다고 하였다. 그러나 두류 전분의 아밀로오스 함량은 대체로 곡류나 괴경전분보다는 높게 나타났다.

**X-선 회절도**

시료 전분들의 X-선 회절도 결과는 Fig. 3과 Table 1과 같다. 시료 전분 모두 A형에 가까운 C형으로 이들은 전형적인 A Type인 곡류나 B Type인 괴경과 다른 회절

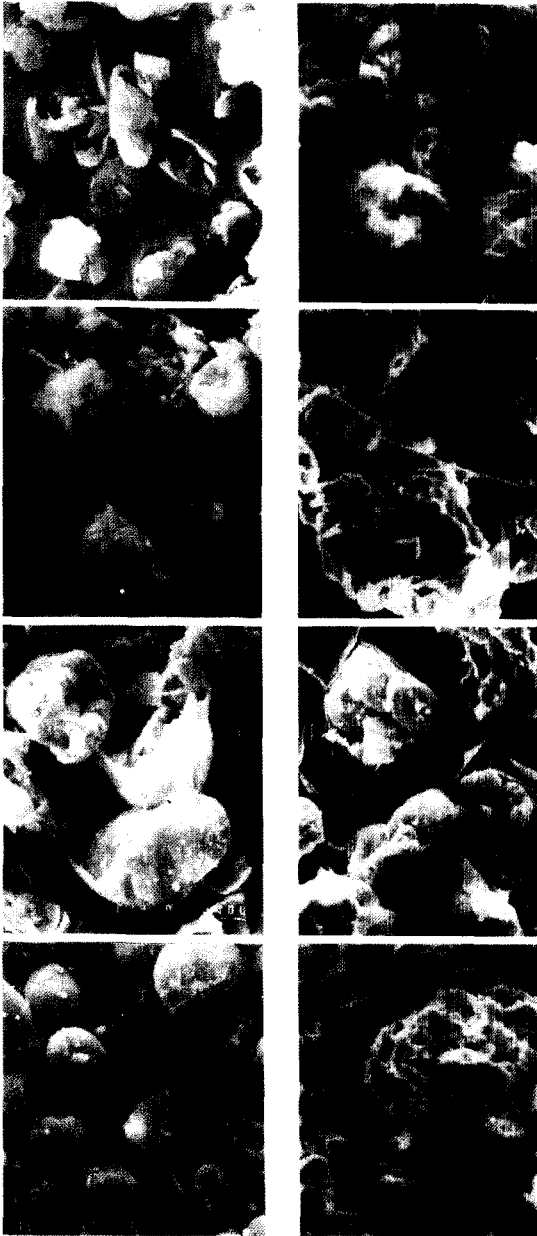


Fig. 6. SEM photomicrographs of legume starches gelatinized at 75°C (left) and 85°C (right) cow pea (1), mung bean (2), red bean (3), and kidney bean (4)

양상을 보였다. 쌀의 경우 20가 18도 부근에서 peak가 관찰되지 않아 다른 시료 전분보다 결정성이 약함을 알 수 있었다.

팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도의 결과는 Fig. 4와 Fig. 5와 같다. 동부전분이 77C까지는 팽윤력이 쌀보다 낮았으나 이후 급격히 증가하는 양상을 보여 다른 시료 전분보다 컸다. 쌀은 다른 시료에 비해 훨씬 크게 증가하나 그 후 증가폭이 완만하여 86C 이상에서는 녹두보다 팽윤력이 낮았다. 반면 강남콩전분은 전 온도 범위에서 다른 시료에 비해 매우 낮았고 동일한 팽윤력을 나타내는 온도도 강남콩 전분이 다른 시료 전분보다 훨씬 더 큰 것을 알 수 있었다. Leach 등<sup>(16)</sup>은 온도에 따른 팽윤 양상이 전분립 내부의 결합력과 전분 분자의 화합정도에 따라 다르며 전분립 내의 결합력이 강하면 팽윤에 강하게 저항한다고 하였고, Wong과 Lelievre<sup>(17)</sup>는 입자 크기가 작을수록 팽윤력이 크고, 비슷한 크기에서는 입자 내의 결정성이 클수록 팽윤력이 낮다고 보고하였다. 그러므로 강남콩은 다른 시료 전분에 비해 입자 내의 결합력이 강함을 알 수 있었고, 쌀은 낮은 온도에서 팽윤력이 더 커 결정성이 좀 더 작음을 시사하며 이는 X-선 회절도 결과와 일치되었다.

용해도는 쌀의 경우 팽윤력과 비슷한 양상을 보였고, 녹두는 65C 이후부터 90C 까지 계속 급증하였으며 그 후 완만하게 증가하였고, 동부는 85C 까지 증가하고 그 후부터는 거의 증가하지 않았다. 강남콩의 경우는 70C에서 급증하기 시작하여 85C 까지 증가폭이 컸으며 이후 증가폭은 완만하였다. 다른 시료에 비해 강남콩은 높은 온도에서 용해도가 급증되기 시작하지만 팽윤력에서와는 달리 82C 이후부터는 쌀이나 동부보다 더 용해도가 컸다. 온도에 따라 용해도가 증가하는 것은 직쇄상 부분이 용출되기 때문이라고 알려져 있는데, 녹두와 강남콩이 고온에서 동부나 쌀보다 용해도가 큰 것은 이들의 아밀로오스 함량이 많기 때문으로 생각된다.

호화 중 전입자의 형태변화

SEM으로 관찰한 결과는 Fig. 6과 같다. 동부는 75C에서 입자들이 깨어져 동공이 생겼으며, 일부분은 전분립의 형태를 가지고 있는 것들도 있었으며 85C에서 호화가 더 일어났으나 아직 입자들이 남아 있었다. 녹두는 75C에서 입자들이 상당히 깨어졌고 85C에서는

Table 2. Brabender viscoamylograph data of legume starchs

Variety	Initial pasting temp. (°C)	Peak Viscosity (B.U.)P	Viscosity at 15 min (B.U.)H	Viscosity at 50C (B.U.)C	Breakdown (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
Cow pea	71	1325	1205	2140	120	935	815
Mung bean	71	1075	1055	2025	20	970	950
Red bean	67	-	1350	2600	-	1250	-
Kidney bean	76	-	150	240	-	90	-

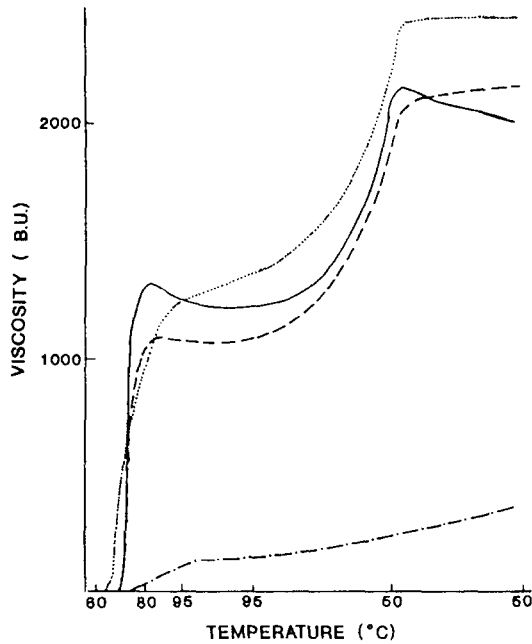


Fig. 7. Visco/amylo/Graph pasting curves for 8% (w/v) slurries of legume starches: Cooking temperature, 95°C —; cow pea, ----; mung bean, .....; red bean, - · - · -; kidney bean

완전히 호화가 일어나 전분입자는 형태가 없어지면서 중첩되어 판상들이 나타났다. 쌀은 75°C에서 많이 용출된 것을 알 수 있고 85°C에서는 더욱 심하게 깨어져 동공이 크게 나타났다. 그러나 강남콩은 75°C에서 거의 호화가 일어나지 않아 바깥으로 약간의 용출물이 나타났으나 85°C에서는 입자들이 거의 깨어져 75°C에서와는 아주 다른 형태로 중첩이 심하게 일어났다. 다른 시료에 비해 강남콩 전분은 75°C와 85°C 사이에서 형태변화가 뚜렷하였고, 호화가 시작된 후 입자들이 빨리 깨어짐을 알 수 있었다. 또한 용해도에서 녹두와 강남콩이 동부와 팔보다 고온에서 용해도가 큰 수치를 나타낸 실험결과는 이들이 동부나 팔보다 85°C 이상의 고온에서 전분입자가 더 많이 깨어진 결과와도 서로 관계가 있을 것으로 생각된다.

**아밀로그램**

시료 전분의 아밀로그램 결과는 Table 2와 같으며 점도 변화 양상은 Fig. 7과 같다. 초기호화온도는 동부와 녹두가 71°C로 동일하였으며, 강남콩은 76°C로 좀 더 높았고 쌀은 67°C로 다른 시료 전분보다 낮았다. 동부와 녹두만이 95°C 이전에서 최고점도를 보였고 쌀은 95°C에서 최고점도를 보였으나, 강남콩은 최고점도도 나타나지 않았고 가열, 냉각과정에서 전체적으로 점도 증가가 미약했다.

가열온도가 증가함에 따라 강남콩을 제외한 시료에서

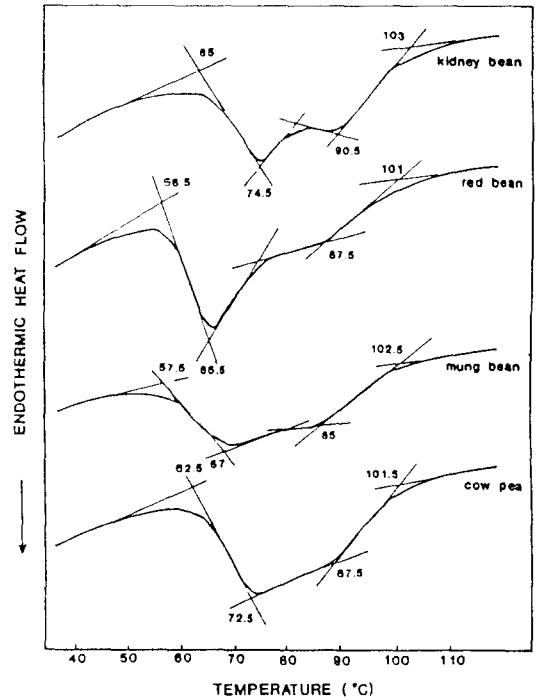


Fig. 8. DSC thermograms of legume starches

Table 3. DSC properties of legume starches

Variety	T <sub>c</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>i</sub> (°C)	Δ(cal/g)
Cow pea	62.5	72.5	101.5	2.31
Mung bean	57.5	67.0	102.5	2.09
Red bean	56.5	65.5	101.0	2.37
Kidney bean	65.0	70.5	103.0	2.20

점도가 크게 증가하는 것은 호화정도가 증가하는 것으로 설명할 수 있으며 강남콩은 특이하게 호화 현상에서 큰 차이를 보였다. 아밀로그램의 점도는 전분입자의 팽윤 정도와 팽윤된 전분입자의 열과 전단에 대한 저항도, 가열 중 입자로부터 용출된 가용성 전분의 존재, 팽윤된 입자끼리의 상호작용 또는 응집성 등에 의해서 좌우된다. Sosulski 등<sup>18)</sup>은 amylograph에 의한 전분의 점도 특성은 아밀로오스 함량과 무관하며 입자의 질서 정연한 결정성 구조 특성에 기인 된다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과에서 강남콩 전분의 아밀로오스 함량이 높지만 점도가 극히 낮은 결과를 지지해준다. 또한 95°C에서 30분 가열한 다음 점도변화는 페이스트의 안정성이나 깨짐성을 나타내는데 두류 전분에서는 높은 점도가 조금 감소하거나 거의 변하지 않아 곡류전분에서 나타나는 깨짐성과는 반대되는 특성이라고 하였다. 한편 Tolomasquim 등<sup>19)</sup>은 동부 전분을 가열한 후 50°C까지 냉각시켰을 때 점도의 증가가 크게 나타나 노화경향이 크다고 하였으나, 50°C에서 유지되는 동안 set back이 크지 않은

것으로 보아 냉각된 풀은 안정성이 크다고 하였고, 이는 본 실험 결과에서 동부전분의 결과와 잘 일치되었으며 녹두나 팥도 비슷한 양상을 나타냈다.

DSC에 의한 호화 현상

시료전분들의 DSC에 의한 호화 양상은 Fig.8과 같이 호화개시온도, 종료온도, 엔탈피 등은 Table 3에 정리하였다. 시료전분 모두 호화과정에서 두개의 endothermic peak를 나타냈고 호화온도 범위가 55~110C 로 넓었다. 이들 결과는 Biliaderis 등<sup>(20)</sup>은 전분입자내에 수분이 흡수되는 것은 비결정성 영역에 의한 것이며 DSC endotherm에 peak가 두개인 것은 중간 수분 상태에서 수분이 제한되기 때문에 첫번째 peak 온도에서 호화가 완전히 일어나지 못하고 나머지 결정부분에 수분의 재배열이 일어나 호화가 더욱 진행되다가 결정의 용융이 일어나기 때문에 호화온도가 넓어진다고 하였다.

전분의 호화에서 나타난 endothermic peak로 강남콩이 호화개시온도와 호화 종료온도는 각각 64C 와 103 C 로 다른 시료에 비해 가장 높았다. 이는 결정성이 약간 크기 때문으로 생각되지만 호화열은 다른 시료와 비교해 볼 때 차이가 없었다. Wada 등<sup>(21)</sup>은 전분 입자의 결정성이 낮으면 호화개시온도가 낮고 호화열도 작다고 하였다.

요 약

전분입자의 크기는 동부와 녹두가 좀 작았으며, 강남콩과 팥은 약간 더 컸다. 아밀로오스 함량은 녹두와 강남콩이 시료 중 약간 더 많았으나 모두 25~29%의 범주였다. 강남콩전분의 팽윤력은 전 온도범위에서 다른 시료에 비해 아주 낮았다. Brabender Visco/amylo/Graph 결과는 동부, 녹두, 팥은 호화 점도도 크고, 노화시 점도의 증가도 크지만, 강남콩은 점도의 증가가 아주 낮았다. 아밀로그렘에서 점도의 변화양상은 아밀로오스 함량과는 관계가 없고, 아밀로오스의 크기나 전분립의 형태, 결정화 정도 등에 더 밀접한 관계가 있었다. DSC에 의해 조사한 호화 양상에서 강남콩이 호화 개시온도가 다른 시료보다 더 높았으며 동부와 녹두는 대체로 낮은 편이었으나 이들의 호화엔탈피는 거의 비슷하였다. 이상의 결과에서 동부와 녹두전분의 특성은 거의 유사하였으며, 강남콩은 이들과 많은 차이를 보였고, 팥은 중간적 특성을 나타냈다.

문 헌

1. Faki, H.A., Desikachar, H.S.R., Paramahans, S.V. and Tharamathan, R.N.: Physico-chemical characteristics of starches from chick pea, cow pea and horsegram. *Starch*, **35**, 118(1983)
2. 김향숙, 권미라, 안승요 : 동부전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **10**, 18(1987)

3. 김완수, 이혜수, 김성곤 : 녹두전분의 특성. 한국식품과학회지, **23**, 166(1980)
4. Lai, C.C. and Varrian-Marston, E.: Studies on the characteristics of black bean starch. *J. Food Sci.*, **44**(2), 528(1979)
5. Lineback, D.R. and Ke, C.H.: Starches and low molecular weight carbohydrates from chick pea and horse bean flours. *Cereal Chem.*, **52**, 334(1975)
6. Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K.: Isolation, partial characterization and modification of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starch. *J. Food Sci.*, **46**, 617(1981)
7. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.*, **45**, 564(1948)
8. 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)
9. Montgomery, E.M. and Senti, F.R.: Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *J. Polymer Sci.*, **28**, 1(1964)
10. Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, vol. IV, Academic Press, p.106(1964)
11. Medcalf, D.G. and Giles, K.A.: Wheat starch. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558(1965)
12. Donovan, J.W.: Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers*, **18**, 263(1979)
13. Kawamura, S., Tuboi, Y. and Hizukuri, T.: Studies on legume starches. I. Microscopic observation on the granules of starches from some Japanese legumes. *Tech. Bull. Kagawa Agric. Coll.*, **7**, 87(1995)
14. Navikul, O. and D'Appolonia, B.L.: Carbohydrates of legume flours compared with wheat flours. II. *Starch Chem.*, **56**(1), 24(1979)
15. Kawamura, S.: Studies on the starches of edible legume seeds. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **17**, 19(1969)
16. Leach, H.W., McCoowen, L.D. and Schoch, T.J.: Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **36**, 534 (1959)
17. Wong, R.B.K. and Lelievre, J.: Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Starch*, **34**, 159(1982)
18. Sosulski, F., Waczkowski, W. and Hoover, R.: Chemical and enzymatic modification of pasting properties of legume starches. *Starch*, **41**, 135(1989)
19. Tolomasquim, E., Conea, A.M.N. and Tolomasquim, S.T.: New starches. Properties of five varieties of cowpea starch. *Cereal Chem.*, **48**, 132(1971)
20. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R.: Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, **45**, 1669(1980)
21. Wada, K., Takahashi, K., Shirai, J.S. and Kawamura, A.: DTA applied to examining gelatinization of starches in foods. *J. Food Sci.*, **44**, 1366(1979)