

품종에 따른 강낭콩 전분의 이화학적 성질비교

조은자 · 김성곤* · 박선희**

성신여자대학교 식품영양학과, *단국대학교 식품영양학과

**한국식품위생연구원

Comparison on Physicochemical Properties of Korean Kidney Bean Starch according to Varieties

Eun-Ja Cho, Sung-Kon Kim* and Sun-Hee Park**

Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

*Department of Food science and nutrition, Dankook University

**Korea Institute of Food Hygiene

Abstract

Physicochemical properties of starch of three cultivars of Korean kidney Bean Starches, Pink (PKB), Red (RKB) and White (WKB) were studied. Starch granule was oval/round and smooth in all samples. The amylograms showed a continuous increase of viscosity without peak during heating. The water-binding capacities of starches of PKB, RKB and WKB were 102.1%, 94.7% and 106.9%, respectively. The swelling powers were rapidly increased in all samples. The amylose content, blue value and relative viscosity of kidney bean starches were 31.1~32.8%, 0.64~0.66 and 2.27~2.61 ml g⁻¹, respectively. The transmittance of starch suspension was linearly increased as the temperature raised from 65° to 85°C. The gelatinization temperature ranges determined by differential scanning calorimetry (DSC) were 71.1~86.9°C for PKB, 71.1~86.0°C for RKB and 60.8~77.9°C for WKB.

Key words: amylogram, amylose content, blue value, relative viscosity

서 론

전분의 구조는 기본적으로 아밀로오스와 아밀로페틴의 α -글루칸으로서 아밀로오스는 오랫동안 글루코오스가 α -1,4결합만으로 된 직선상의 중합체로 생각해 왔으나 아밀로오스도 일부 α -1,6결합에 의한 가지구조를 갖는 것으로 알려져 있다⁽¹⁾. 손 등⁽²⁾과 권⁽³⁾이 제안한 강낭콩 아밀로페틴의 평균사슬길이는 18.3~23.4으로, Biliaderis 등⁽⁴⁾이 제안한 두류아밀로페틴의 평균사슬길이 20~26보다 적었다고 하였다. 전분입자의 크기^(5,6)는 11~59 μm 로 큰 입자와 작은 입자로 구성되어 있고, 입자의 형태⁽⁷⁾는 대개가 타원형이고 편광현미경으로 관찰하면 특징적인 복굴절성을 볼 수 있는데, 이것은 입자내의 규칙적인 분자배열에 의한 것이며, SEM (Scanning Electron Microscopy)에 의한 입자의

표면⁽⁸⁾은 둥글고 매끄러웠다고 하였다. 전분의 호화과정⁽⁹⁾은 전분입자가 먼저 수화되면서 팽윤이 일어나고 계속적인 가열에 의해 아밀로오스가 전분입자 밖으로 용출되어 호화완료 시점에서는 아밀로페틴만이 남은 전분입자는 붕괴되고 용출된 아밀로오스가 서로 결합하여 전분입자를 둘러싸서 겔을 형성하게 된다고 하였다.

Biliaderis 등⁽⁹⁾은 전분의 호화와 수분함량의 관계를 시차주사열량기(differential scanning calorimetry)로 분석하여, 과량의 물이 존재하는 상태에서 가열하면 비결정부분은 수화, 팽윤되면서 전분 결정의 구조가 쉽게 용해되어 호화온도 범위는 좁지만 물의 양이 제한된 상태하에서는 호화온도 범위가 넓어진다고 하였다. 전분의 호화도 측정법⁽¹⁰⁾으로는 광학현미경을 이용한 복굴절성의 소실, Visco/amyo/Graph를 이용한 호화중 점도의 변화측정, 아밀로오스와 요오드와의 반응정도 측정, X-ray에 의한 결정도의 변화측정 및 시차주사열량기에 의한 방법 등이 널리 사용되고 있다. 실

용적인 측면에서 가장 널리 쓰이는 호화도 측정방법은 호화 중 점도변화를 측정하는 것으로 Visco/amylo/Graph가 있고, 호화개시온도는 초기점도가 10 B.U.(Brabender Unit)에 도달했을 때의 온도를 말하고, 점도는 농도에 크게 의존한다. 강낭콩(적색종)의 가루와 전분의 농도가 6~10%일 때 호화개시온도는 76~82°C의 범위로 같은 농도에서의 동부나 녹두보다 높았으나, 최고점도나 냉각시의 점도는 훨씬 더 낮았다.

이상과 같이 강낭콩 전분에 관한 연구는 주로 적색종(Red)에 국한되어 있고 우리나라에서 가장 많이 재배 수확하여 사용하고 있는 3품종, 분홍색종(Pink), 적색종(Red), 백색종(White)의 비교연구는 거의 없었으므로 본 연구에서는 강낭콩의 품종에 따른 전분의 입자형태, 호화양상, 물결합능력 등의 이화학적 성질을 비교 연구하여 강낭콩 전분 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

1994년 경남지역에서 재배·수확된 강낭콩 3품종, 즉 분홍색종(Pink), 적색종(Red), 백색종(White)을 농촌진흥청에서 구입하여 알카리침지법⁽¹⁾으로 강낭콩 전분을 분리하여 사용하였다.

방법

입자의 형태: 100배수를 통과한 전분을 JFC-1100E를 사용하여 금으로 코팅한 다음, 주사전자현미경(JSM-5300, Japan)으로 400배로 확대하여 표면을 관찰하였다.

호화양상: 전분의 농도(7, 8, 9%, 건량기준)에 따른 호화양상은 Brabender사의 Visco/amylo/Graph를 사용하여 Medcalf와 Gilles의 방법⁽²⁾에 따라 조사하였다.

물결합능력, 팽윤력과 용해도: 전분의 물결합능력(Water binding capacity)은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽³⁾에 따라 실온에서 측정하였고, 팽윤력과 용해도는 Leach 등의 방법⁽⁴⁾에 따라 계산하였다.

아밀로오스 함량과 Blue value: 전분의 아밀로오스 함량은 Williams 등⁽⁵⁾의 비색법을 사용하였고, 표준곡선은 감자 아밀로오스(Sigma, Co. Ltd., USA)를 이용하여 작성하였으며, Blue value는 Gilbert와 Spragg법⁽⁶⁾을 사용하여 680 nm에서 흡광도를 측정하고 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Blue value} = \frac{\text{흡광도} \times 4}{\text{전분농도 (g/mL)}} \quad (4)$$

비교점도: 비교점도는 미국 옥수수협회에서 공인된

방법⁽⁷⁾을 사용하였고, 일정량의 점도는 모세관점도계(Cannon-Fenske routine viscometer, No 75)를 25°C의 항온수조에 정차시키고 시료액의 일정량이 흐르는 시간(sec)을 측정하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\eta_{\text{rel}} = t/t_0 \quad (5)$$

여기에서 t 는 시료의 흐름시간(sec)이고 t_0 는 용매의 흐름시간(sec)이다.

광투과도: 광투과도는 Wilson 등의 방법⁽⁸⁾을 응용하여 625 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

Differential Scanning Calorimetry: 100배수를 통과한 시료 10 mg을 알루미늄 용기에 취하고 여기에 시료의 3배량의 증류수를 가하여 실온에서 하룻밤 방치한 다음 시차주사 열량기(differential scanning calorimeter, Perkin-Elmer, USA-4, U.S.A.)를 이용하여 분당 10°C의 속도로 30°C부터 160°C까지 가열하여 흡열파크를 얻었다. 이 흡열파크로 부터 호화개시온도(T_g), 호화정점온도(T_p), 호화증료온도(T_c)와 호화엔탈피(ΔH)를 각각 구하였다. 실험은 최소한 3회 이상 반복하고 결과가 0.5°C이내의 것을 취하였다.

결과 및 고찰

입자의 형태

강낭콩 전분입자의 형태를 주사전자현미경으로 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 대부분이 타원형과 등근형으로 입자의 표면은 매끄러웠고 품종간에 차이를 볼 수 없었다. 이러한 결과는 Hoover와 Sosulski⁽⁸⁾을 비롯한 두류전분에 관한 여러 연구자들의 연구보고^(3,5,6)와 일치하였다.

호화양상

강낭콩 전분의 농도에 따른 호화양상은 Fig. 2와 같다. 강낭콩 전분의 점도는 품종에 관계없이 농도가 증가함에 따라 높아졌고 최고점도는 나타나지 않았다. 이러한 경향은 권⁽⁹⁾과 이와 신⁽¹⁰⁾의 결과와 같았고, 강낭콩 전분의 농도 7~9%에서 점도는 백색종 > 적색종 > 분홍색종의 순으로 높았다. 전분의 농도에 따른 아밀로그램의 결과는 Table 1과 같다. 호화개시 온도는 농도가 7%에서 9%로 증가함에 따라 분홍색종은 92.5에서 79.5°C로, 적색종은 89.5에서 76.7°C로, 백색종은 88.8에서 76.0°C로 낮아졌고, 같은 농도에서 적색종과 백색종은 비슷한 점도를 보였다. 강낭콩(적색종) 전분(8%, 건량기준)의 호화개시 온도를 권⁽⁹⁾은 76°C, 손 등⁽¹¹⁾은 73~75°C라고 보고하였다. Hoover와 Sosulski⁽⁸⁾은

강낭콩 입자의 결정화 구조가 많으면 많을수록 호화온도는 높아지고 아밀로그램 점도는 안정된다고 하였다. 강낭콩 전분은 품종과 농도에 관계없이 최고점



Fig. 1. SEM photomicrographs of pink (up), red (middle) and white (bottom) kidney bean starch.

도를 보이지 않았고, 92.5°C에서 15분 가열하는 동안 점도는 계속 증가하였다. 아밀로그램의 점도는 전분 입자의 팽윤정도와 팽윤된 전분입자의 열과 전단에 대한 저항도^(20,21), 가열 중 입자로부터 용출된 가용성 전분의 존재^(22,23) 그리고 팽윤된 입자끼리의 상호작용 또는 응집성⁽²⁴⁾ 등에 의해 영향을 받는다. Schoch와 Maywald⁽²¹⁾는 아밀로그램의 점도는 전분입자내에 존재하는 긴 직쇄상 분자들에 의해 점도의 안정도가 강화된다고 보고하였고, 점도의 차이는 입자의 크기, 형

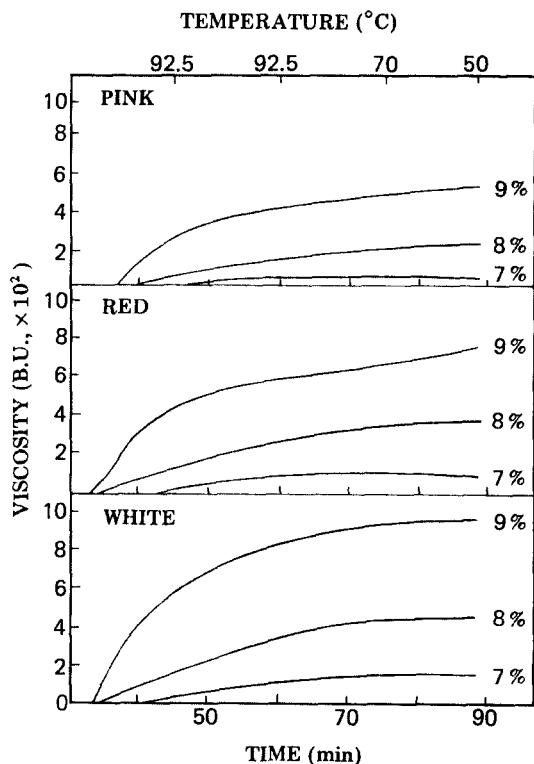


Fig. 2. Amylographs of kidney bean starch heated to 92.5°C.

Table 1. Amylograph indices of kidney bean starch

Starch	Concentration (%)	Initial pasting temperature (°C)	Height at 92.5°C (B.U.)	15-min height (B.U.)	Height at 50°C (B.U.)	Set-back ¹⁾ (B.U.)
Pink	7	92.5	15	30	60	30
	8	80.5	70	170	260	90
	9	79.5	310	420	560	140
Red	7	89.5	25	60	90	30
	8	77.5	110	270	380	110
	9	76.7	460	590	750	160
White	7	88.8	30	100	140	40
	8	77.5	140	350	430	80
	9	76.0	590	820	970	150

¹⁾Difference in viscosity between cold viscosity and 15-min height.

태, 결정성의 종류, 전분의 이온성 저하, 지방, 단백질, 전분 분자의 가지 정도에 기인한다고 하였다. 또한 Sosulski 등⁽²⁵⁾도 아밀로그래프에 의한 전분의 점도 특성은 아밀로오스 함량과는 무관하며 입자의 질서정연한 결정성 구조에 기인한다고 하였다. 따라서 강낭콩 전분은 열과 전단에 대한 저항도가 크며 높은 아밀로오스 함량에 의해 점도의 안정성이 강화되는 것으로 생각된다. Schoch와 Maywald⁽²¹⁾는 전분입자의 팽윤정도와 팽윤된 입자의 열과 전단에 대한 저항도를 기준으로 아밀로그래프의 점도양상을 4가지로 분류하였다. 본 실험에서는 모든 농도에서 가열시 점도가 유지되고 조금씩 상승하여 최고점도를 보이지 않아 C형을 나타내었고, 이는 조⁽²⁶⁾와 손 등⁽²⁾의 결과와 일치하였다. 강낭콩 전분은 최고점도를 나타내지 않았으므로 92.5°C에서의 점도를 최고점도로 가정하고 최고점도의 대수값과 농도는 품종에 관계 없이 모두 직선적인 관계를 보였다(Fig. 3). 이러한 관계는 동부전분⁽²⁷⁾, 녹두전분⁽²⁸⁾, 칡전분⁽²⁹⁾과 밀전분⁽³⁰⁾에서도 보고되어 있다. Tolomasquim 등⁽³¹⁾은 동부전분을 가열한 후 50°C까지 냉각시켰을 때 점도의 증가가 크게 나타나 노화경향이 크다고 하였으나, 본 실험의 강낭콩 전분의 setback은

크지 않았고 3품종 모두 비슷한 값을 나타내었다.

물결합능력

강낭콩 전분의 실온에서의 물결합능력은 분홍색종이 102.0%, 적색종이 94.7%, 백색종이 106.9%로 품종간에 다소 차이가 있었다. 강낭콩(분홍색종) 전분의 물결합능력을 이⁽³²⁾는 169%, 손 등⁽²⁾은 199%, 김⁽⁶⁾은 201%라고 하여 본 실험의 결과와는 큰 차이를 보였으나, 이와 신⁽¹⁹⁾은 86%라고 하여 본실험의 결과와 비슷하였다. 이러한 이유는 강낭콩의 종류, 전분의 제조방법과 측정방법의 차이 때문인 것으로 생각된다. Naivikul과 D'Appolonia⁽³³⁾는 두류전분의 물결합능력은 측정하는 방법에 따라 차이가 크므로 시료에 적절한 방법이 필요하다고 하였다. 물결합능력은 생전분과 물의 친화성을 나타내는데, 이 때 결합된 물은 전분입자 표면에 흡착되어 그 결합력의 크기는 전분입자내의 비결정부분이 많으면 높아진다^(15,31).

팽윤력과 용해도

강낭콩 전분의 팽윤력과 용해도는 Table 2와 같다. 3품종 모두 80°C까지는 팽윤력이 급격히 증가하였고, 그 이후에는 완만하여 권⁽³⁾과 손 등⁽²⁾이 보고한 결과와 비슷한 양상이었다. 온도 70°C에서의 팽윤력은 백색종이 가장 컼고, 분홍색종이 가장 작았다. 온도 90°C와 70°C의 팽윤력의 차이는 분홍색종이 7.16%, 적색종이 7.66%, 백색종이 8.31%이었으며 90°C에서의 팽윤력은 70°C에 비하여 각각 2.89배, 2.77배, 2.49배 정도 높았다. 강낭콩 적색종 전분의 팽윤력을 온도 80°C에서 이⁽³²⁾는 5.6%, 손 등⁽²⁾은 5.6%, 권⁽³⁾은 10.0%, 김⁽⁶⁾은 13.1%, 이와 신⁽¹⁹⁾은 8.7%라고 보고하였다. Leach 등⁽¹⁴⁾은 온도에 따른 팽윤력은 전분립 내부의 결합력과

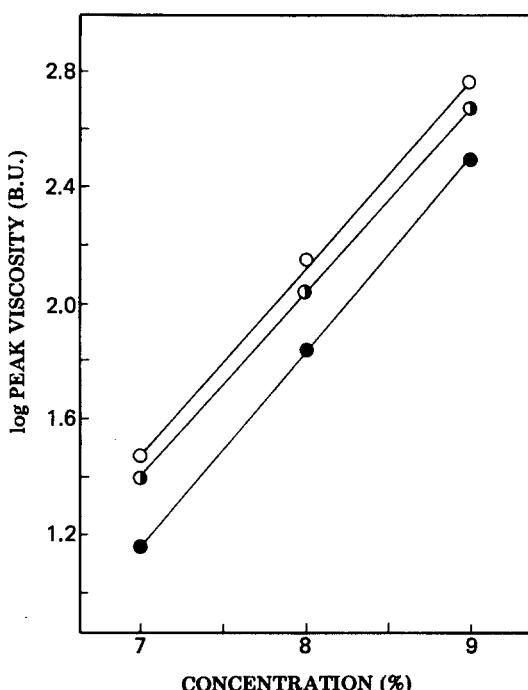


Fig. 3. Relationship between log peak viscosity and concentration of kidney bean starch dispersions.
 ●—●: pink; $Y=0.6577X-3.4237$, ○—○: red; $Y=0.6325X-3.0256$, ○—○: white; $Y=0.6569X-3.0438$

Table 2. Swelling power and solubility of kidney bean starch

Starch	Temperature (°C)	Swelling power	Solubility (%)
Pink	70	3.79	1.84
	75	6.33	7.32
	80	9.43	13.86
	90	10.95	16.50
Red	70	4.32	2.71
	75	6.75	8.27
	80	10.14	14.61
	90	11.98	17.38
White	70	4.90	3.73
	75	7.06	8.38
	80	10.51	11.10
	90	12.21	13.87

전분입자의 회합정도에 따라 다르며, 전분립내의 결합력이 강하면 강할수록 더 크게 저항한다고 하였고, Wong과 Lelievere⁽³⁴⁾는 입자의 크기가 작을수록 팽윤력은 크고 비슷한 크기에서는 입자내의 결정성이 클수록 팽윤력이 낮다고 보고하였다. 동부와 녹두전분의 팽윤력은 각각 28.6%과 24.9%이므로 입자내의 결합력이 강함을 알 수 있다. 용해도는 온도가 증가함에 따라 강낭콩 품종별로 분홍색종은 1.84~16.50 %, 적색종은 2.71~17.38%, 백색종은 3.73~13.87%로서 가열초기에는 팽윤력과 비슷한 양상이었으나, 80°C이후에는 적색종>분홍색종>백색종의 순으로 용해도가 커졌다. 강낭콩 적색종 전분의 용해도를 80°C에서 이⁽³²⁾는 6.0%, 손 등⁽²⁾은 11.5%, 권⁽³⁾은 12.8%, 김⁽⁵⁾은 6.7%, 이와 신⁽¹⁹⁾은 10.3%라고 보고하였다. 온도의 증가에 따라 용해도가 증가하는 것은 전분내의 직쇄상 부분이 용출되기 때문이라고 알려져 있는데⁽³⁾, 80°C부터 용해도가 크게 증가하는 것은 각 품종별로 직쇄상 부분이 용출되는 온도가 다른 것으로서, 80°C 이후에 백색종의 용해도가 낮은 것은 이 온도에서 전분의 직쇄상 부분이 잘 용출되지 않기 때문으로 생각된다.

아밀로오스 함량과 blue value

강낭콩 전분의 아밀로오스 함량은 분홍색종이 32.8%, 적색종이 31.1%, 백색종이 32.0%로 적색종이 약간 낮은값을 보였으나 품종간에 큰 차이는 보이지 않았다. 강낭콩 적색종 전분의 아밀로오스 함량을 이⁽³²⁾는 77.0%, 손 등⁽²⁾은 45.0%, 권⁽³⁾은 28.5%, 김⁽⁵⁾은 40.0%, 이와 신⁽¹⁹⁾은 30.8%, Biliaderis 등⁽³⁵⁾은 35.0%, Hoover와 Sosulski⁽¹⁸⁾는 30.2~37.3%라고 보고하였다. 아밀로오스 함량이 연구자들 사이에 차이를 보이는 이유를 Navikul과 D'Appolonia⁽³³⁾는 아밀로오스 함량의 결정에 사용된 방법과 요오드 친화력 측정 방법, 아밀로오스 함량 계산방법 및 종들의 재배지가 다르기 때문이라고 하였다. 강낭콩 전분의 blue value는 분홍색종과 백색종은 0.66%, 적색종은 0.64%로 품종간에 차이는 없었고, 손 등⁽²⁶⁾이 보고한 0.42%보다 높은 값을 나타내었다. blue value는 전분입자의 구성성분과 요오드의 친화력을 나타내는 값으로, 전분의 직쇄상의 분자량을 상대적으로 측정하는 방법이므로 아밀로오스 함량의 지표가 된다고 하였다⁽¹⁵⁾.

비교점도

품종에 따른 강낭콩 전분의 비교점도는 분홍색종이 2.27 mJg^{-1} , 적색종이 2.61 mJg^{-1} , 백색종이 2.47 mJg^{-1} 로서 적색종이 가장 높은 값을 보였다. Kawamura⁽⁶⁾는

두류전분의 특성 연구에서 강낭콩 전분의 비교점도를 1.79 mJg^{-1} 라고 보고하였으며, Navikul과 D'Appolonia⁽³³⁾는 비교점도에 대하여 전분의 아밀로오스 함량과 분자량에 따라 차이가 있다고 하였다. 따라서 본 실험에서는 아밀로오스 함량은 분홍색종>백색종>적색종의 순으로 높았고, 비교점도는 적색종>백색종>분홍색종의 순으로 높아 Navikul과 D'Appolonia⁽³³⁾의 이론과 잘 일치함을 보였다.

광투과도

강낭콩 전분 혼탁액의 광투과도를 625 nm에서 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 품종별 강낭콩 전분의 광투과도는 50~65°C까지는 완만하게 증가하다가 65~80°C에서 거의 직선적으로 증가하였고 80~95°C에서는 다시 완만하게 증가하는 양상으로 손 등⁽²⁾의 보고와 비슷한 결과를 보였다. 또한 95°C에서는 68~71%로 50°C보다 약1.42배 증가하였다. 50~75°C에서의 광투과도는 백색종>분홍색종>적색종의 순이었으나, 75~95°C에서는 분홍색종>적색종>백색종의 순으로 75°C를 전후하여 차이를 보였다. 호화개시온은 55~65°C로 품종간의 차이가 없었고, 적색종이 분홍색종이나 백색종보다 낮았음을 알 수 있다.

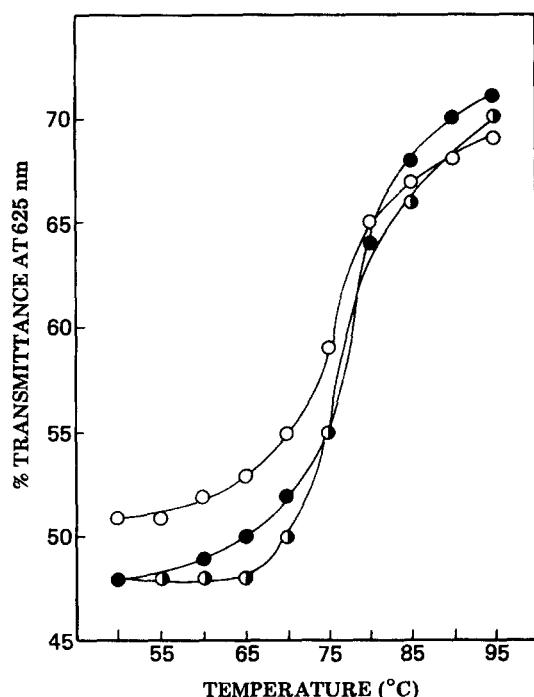


Fig. 4. Changes in transmittance of 0.2% kidney bean starch suspension upon heating.
●—●: pink, ○—○: red, ○—○: white

Table 3. Gelatinization properties of kidney bean starch

Starch	Onset temperature (°C)	Peak temperature (°C)	Terminal temperature (°C)	ΔH (cal/g)
Pink	71.1	75.5	86.9	3.5
Red	71.2	75.7	86.0	2.6
White	62.8	70.0	77.9	1.9

Differential Scanning Calorimetry

시료 전분들의 시차주사열량기에 의한 호화양상은 Table 3과 같다. 강낭콩의 호화개시 온도(T_g)와 호화종료 온도(T_f)는 품종에 따라 차이가 있었고, 호화온도 범위(T_g-T_f)는 분홍색종이 71.1~86.9°C, 적색종이 71.2~86.0°C, 백색종이 62.8~77.9°C로 백색종이 가장 넓었다. 호화정점 온도는 분홍색종과 적색종이 75°C로 같았으나 백색종은 70°C로 낮았다. 호화엔탈피(ΔH)는 분홍색종이 3.5 cal/g, 적색종이 2.6 cal/g, 백색종이 1.9 cal/g으로 품종간에 차이를 보였다. El Faki 등⁽²⁰⁾은 복굴절성의 소실에 의한 두류전분의 호화온도를 65~73°C라고 하였고, Tolmasquim 등⁽³¹⁾은 64~77°C로 보고하였다. 본 실험에서 전분의 호화개시 온도(Table 1)와 광투과도(Fig. 4)는 각각 백색종 > 분홍색종 > 적색종의 순으로 증가하여 시차주사열량기에 의한 호화양상과 잘 일치함을 보여 주었다. Biliaderis 등⁽³⁵⁾은 호화엔탈피는 가열속도, 물의 함량, 전분의 손상정도가 영향을 미친다고 하였고, Wootton과 Bamunuarachchi⁽³⁶⁾는 밀전분의 호화엔탈피는 가열속도가 빨라지면 감소하고, 물의 함량이 많아지면 증가한다고 하였다. Biliaderis 등⁽³⁵⁾은 시차주사열량기를 통한 두류전분의 호화양상의 호화엔탈피의 범위를 2.6~4.4 cal/g라고 보고하여 본 실험 결과와 비슷한 양상을 보였다. Wada 등⁽³⁷⁾은 전분입자의 결정성이 낮으면 호화개시 온도가 낮고 호화엔탈피도 작다고 하였고, Hoseny 등⁽³⁸⁾은 한 전분립내에서 결정구조의 안정성에 차이가 있어 보다 덜 안정한 결정부분에서 먼저 호화가 일어나고, 호화가 진행되면서 더 많은 수분을 흡수하여 나머지 결정부분을 약화시킨다고 하였다.

요 약

품종별 강낭콩 전분의 성질에서 전분입자는 타원형으로 표면은 매끄러웠고 품종에 따른 차이는 보이지 않았다. 아밀로그램의 호화개시 온도는 농도(7~9%)가 증가함에 따라 높아졌고, 최고점도는 나타나지 않았으며, 92.5°C에서의 점도대수값과 농도는 모두 직선적인 관계를 보였다. 물결합능력은 94.7~102.0%, 70~90

°C에서의 팽윤력과 용해도는 각각 3.79~12.21%와 1.84~17.38%, 아밀로오스 함량은 31.1~32.8%, Blue value는 0.64~0.66, 비교점도는 2.27~2.61 mlg⁻¹였고, 50~95°C로 가열시 광투과도는 온도가 높아짐에 따라 증가하는 호화페턴으로 강낭콩 품종간에 차이를 보였다. 시차주사열량기에 의한 호화양상에서 호화개시온도와 호화정점은 분홍색종과 적색종은 비슷하였으나 백색종이 차이를 보였고, 호화엔탈피는 1.9~3.5 cal/g으로 분홍색종 > 적색종 > 백색종의 순으로 품종간에 차이를 보였다.

문 헌

- Banks, W. and Greenwood, G.T.: Physicochemical studies on starches : Part XXXII. the incomplete β -amylolysis of amylose: a discussion of its cause and implications. *Stärke*, **19**, 197-205 (1967)
- Sohn, K.H., Yoon, G.S., Chung, H.J. and Chae, S.H.: Comparasion of physicochemical properties of various bean starches-cowpea, mung bean, kidney bean and red bean (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **6**, 13-19 (1990)
- Kweon, M.R. and Ahn, S.Y.: Molecular structural properties of legume starches (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**, 264-269 (1993)
- Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Structural characterization of legume starches. I. studies on amylose, amylopectin, and limidextrins. *Cereal Chem.*, **58**, 496-502 (1981)
- Kim, H.S.: Gelatinization properties of legume, cereal and potato starches (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **10**, 80-85 (1994)
- Kawamura, S.: Studies on the starches of edible legume seeds(in Japanese). *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **17**, 19-40 (1969)
- Hood, L.F.: Current concepts of starch structure. in food carbohydrate. lineback, D.R. and Inglett, G.E.(ed), AVI Publishing Co., Westport, Conn., p.217 (1982)
- Harper, J.M.: Extrusion of foods. Vol II. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, U.S.A., Chap.11 (1981)
- Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R.: Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, **45**, 1669-1674 (1980)
- Lund, D.: Influence of time, temperature, moisture, ingredients and processing conditions on starch gelatinization. *CRC Critical Reviews in Food Sci. and Nutr.*, **20**, 249-273 (1983)
- Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**, 661-670 (1978)
- Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Effect of lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starches. *Stärke*, **18**, 101-111 (1965)
- Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558-568 (1965)

14. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J.: Structure of the starch granule. I swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **36**, 534-541 (1959)
15. 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**, 411-420 (1970)
16. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P.: Iodimetric determination of amylose : Iodine sorption. "blue value". in methods in carbohydrate chemistry. Whistler, R. L., Smith, R., BeMiller, J.N. and Wolfrom, M.L.(ed.), Academic Press, New York, Vol. 4, p.168 (1964)
17. Greenwood, G.T.: Viscosity-molecular weight relation. in methods in carbohydrate chemistry. Whistler, R.L., Smith, R.J., BeMiller, J.N. and Wolfrom, M.L.(ed.), Academic Press, New York., Vol. 4, p.179 (1964)
18. Hoover, R. and Sosulski, F.: Studies on the functional characteristics and digestibility of starches from *Phaseolus vulgaris* biotypes. *Staerke*, **37**, 181-191 (1985)
19. Lee, S.K. & Shin, M.S.: Physicochemical properties of defatted and lipid-reintroduced kidney bean, mung bean and corn starches (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **25**, 710-715 (1993)
20. El Faki, H.A., Desikachar, H.S.R., Paramahans, S.V. and Tharanathan, R.N.: Physicochemical characteristics of starches from chick pea, cow pea and horse grain. *Staerke*, **35**, 118-122 (1983)
21. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.*, **45**, 564-573 (1968)
22. Miller, B.S., Derby, R.I. and Trimbo, H.B.: A pictorial explanation for the increase in viscosity of a heated wheat starch-water suspension. *Cereal Chem.*, **50**, 271-280 (1973)
23. Allen, J.E., Hood, L.F. and Chabot, J.F.: Effect of heating on the freezetech ultrastructure of hydroxypropyl distarch phosphate and unmodified tapioca starches. *Cereal Chem.*, **54**, 783-793 (1977)
24. Leach, H.W.: Gelatinization of starch. In starch chemistry and technology. Whistler, R.L. and Paschall, E.F.(ed.), Academic Press, New York, Vol. I, p.259 (1965)
25. Sosulski, F., Waczkowski, W. and Hoover, R.: Chemical and enzymatic modification of pasting properties of legume starches. *Staerke*, **41**, 135-139 (1989)
26. Cho, E.J.: Changes in physicochemical and properties of kidney beans during storage (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **7**, 15-22 (1991)
27. Lee, A.R. and Kim, S.K.: Gelatinization properties of cowpea sediment (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **22**, 40-47 (1993)
28. Kwan, S.H., Kim, M.H. and Kim, S.K.: Rheological properties of mungbean starch (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **7**, 38-43 (1990)
29. Kim, K., Yoon, H.K. and Kim, S.K.: Physicochemical properties of arrowroot starch. *J. Korean Agri. Chem. Soc.*, **27**, 245-251 (1984)
30. Gang, Y. S. and Kim, S.K.: Comparison of physicochemical properties of starches isolated from U.S. and Australian wheat flours. *Food and Biotechnol.*, **3**, 71-76 (1994)
31. Tolomasquim, E., Conea, A.M.N. and Tolomasquim, S. T.: New starches. Properties of five varieties of cowpea starch. *Cereal Chem.*, **48**, 132-139 (1971)
32. Rhee, J.Y., Ahn, S.Y. and Rhee, H.S.: A study on the gelation of starch-physicochemical properties of kidney bean crude and refined starch (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **3**, 47-53 (1990)
33. Naivikul, O. and D'Appolonia, B.L.: Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. II. Starch. *Cereal Chem.*, **56**, 24-28 (1979)
34. Wong, R.B.K. and Lelievre, J.: Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Staerke*, **34**, 159-161 (1982)
35. Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Molecular weight distributions of legume starches by gel chromatography. *Cereal Chem.*, **56**, 475-480 (1979)
36. Wootton, M. and Bamunuarachchi, A.: Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization. *Staerke*, **31**, 262-264 (1979)
37. Wada, K., Takahashi, K., Shirai, J.S. and Kawamura, A.: DTA applied to examining gelatinization of starches in foods. *J. Food Sci.*, **44**, 1366-1368 (1979)
38. Hoseney, R.C., Atwell, W.A. and Lineback, D.R.: Scanning electron microscopy of starch isolated from baked products. *Cereal Foods World*, **22**, 56-60 (1977)

(1997년 10월 28일 접수)