

가열온도가 두류전분의 가용성 탄수화물의 용출양상과 전분겔 특성에 미치는 영향

권미라 · 안승요

서울대학교 가정대학 식품영양학과

Effect of Heating Temperature on Elution Patterns of Soluble Carbohydrate of Legume Starches and the Properties of Starch Gels

Mee-Ra Kweon and Seung-Yo Ahn

Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract

Effect of heating temperature on elution patterns of soluble carbohydrate of legume starches and the texture of starch gels was investigated. The elution profiles of soluble carbohydrate obtained by Sepharose 2B-CL showed that the larger molecules were leached as the heating temperature increased. The elution profiles of soluble carbohydrate of cow pea and mung bean starches were similar, but those of kidney bean starch were different. The gel structures of cow pea and mung bean were stable with showing high values in hardness and cohesiveness. But red bean and kidney bean gels were weak in hardness and cohesiveness. As the heating temperature rised, hardness and cohesiveness were increased in gels prepared by heating for 15 min. However, the gels made by heating for 1 hour showed that less hard and more cohesive gels from cow pea and mung bean, while harder and more cohesive gels from red bean and kidney bean were obtained as the heating temperature increased from 85°C to 95°C.

Key words: soluble carbohydrate, legume starches, leaching pattern, gel chromatography, hardness, cohesiveness

서 론

전분립을 물에 넣고 일정온도 이상으로 가열하면 전분립이 비가역적으로 팽창하고 호화액의 점도도 증가되며 동시에 아밀로오스가 용출되고 입자의 복굴절성과 결정성이 사라진다. 호화되었던 전분 현탁액은 냉각됨에 따라 고분자의 가교결합으로 3차원의 망상구조를 이루는 전분겔이 형성된다.

이제까지 이루어진 전분겔의 연구들^{1) 2)}로부터 전분겔의 강도와 관련된 인자로는 전분립의 조성³⁾과 구조, 전분의 중합정도, 화학적인 변성, 전분외의 성분의 첨가, 가열 속도와 정도 등을 들 수 있다. Ott와 Hester⁴⁾는 전분겔의 형성에 있어서 가용성 아밀로오스는 흡착되지 않은 물을 가두는 망상구조를 형성하고, 전분립이나 깨진 조각들을 함께 묶는 역할을 하며, 아밀로오스 외의 인자로 전분립은 아밀로오스 겔을 더 길고하게 한다고 하였다. Reeve⁵⁾는 호화됨에 따라 식재상의 분자들이 큰

아밀로오스들이 용출된다고 하였다. Hood와 Liboff⁶⁾는 전분입자가 호화되면서 선모양의 물질인 아밀로오스가 입자 밖으로 용출되어 나갔다가 냉각되면서 겔화가 일어나 연속적인 nongranular starch-water matrix를 형성한다고 하였다. 이와 같이 여러 연구자들은 가열시 용출되는 가용성 탄수화물인 아밀로오스가 전분겔의 형성에 중요한 인자로 작용함을 언급하였다. 그러나 가용성 탄수화물들의 분자량과 전분겔의 특성과의 구체적인 연구는 아직 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 두류 전분내의 겔 특성 차이를 규명하기 위하여 목의 재료로 사용되는 동부와 녹두, 목의 재료로 사용되지 않는 팥과 강남콩으로부터 전분을 분리하여 가열온도를 달리하였을 때 용출되는 가용성 탄수화물의 분자량 분포와 가열온도 및 가열시간을 달리하여 제조한 겔의 텍스처를 측정하여 서로간의 관계를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

동부, 녹두, 팥(적두), 강남콩(붉은색)을 1991년 1월

진로도매센터에서 구입하여 사용하였다.

전분의 제조 및 가열처리

전분은 알칼리 침지법⁽⁸⁾에 의하여 분리하였다. Ghiasi 등⁽⁹⁾의 방법을 개량하여 전분시료 0.5g을 20 ml 증류수에 분산시킨 후 shaking water bath를 75°C, 85°C, 95°C로 각각 온도를 고정시킨 다음 각 온도에서 30분간씩 흔들어 준 후 3000 rpm에서 30분간 원심분리하고 상등액을 Whatman No. 42 여과지로 여과하였다.

가용성탄수화물의 겔크로마토그래피

여액 중 1ml를 Sepharose 2B-CL column에 주입시키고 0.02% sodium azide를 포함하는 0.01 N NaOH로 20 ml/hr 속도로 용출시켰다. 용출액은 fraction collector를 이용하여 4ml씩 분획하였으며 각 fraction의 총당량은 phenol-sulfuric acid법⁽¹⁰⁾으로, 요오드 반응의 최대흡수파장은 Biliaderis 등⁽¹¹⁾의 방법으로 측정하였다.

한편 void volume은 dextran(Sigma Co., MW : 5,000,000~40,000,000)을 이용하여 위와 동일한 조건으로 용출시켜 조사하였으며, total volume은 glucose를 주입시킨 후 용출되어 나올 때까지의 용출액으로 정하였다. Column은 T-10(MW : 10,000), Dextran T-40(MW : 40,000)과 Dextran T-500(MW : 500,000)(Pharmacia Co.)을 사용하여 보정하였다.

전분질의 텍스처

이와 이전의 방법을 개량하여 시료 현탁액(8%, 건량 기준) 30 ml를 cap centrifuge tube에 넣고 75°C, 85°C, 95°C shaking water bath에서 각각 15분간과 1시간씩 가열시간을 달리하여 흔들어 준 후 직경 2.0 cm, 높이 2.0 cm의 원통형의 용기에 유입하여 성형시킨 다음 20°C에서 3시간 저장한 겔의 텍스처를 Instron Universal Testing Machine(1140, England)으로 2회 반복 압착시험 (compression test)하여 견고성(hardness)과 응집성(co-

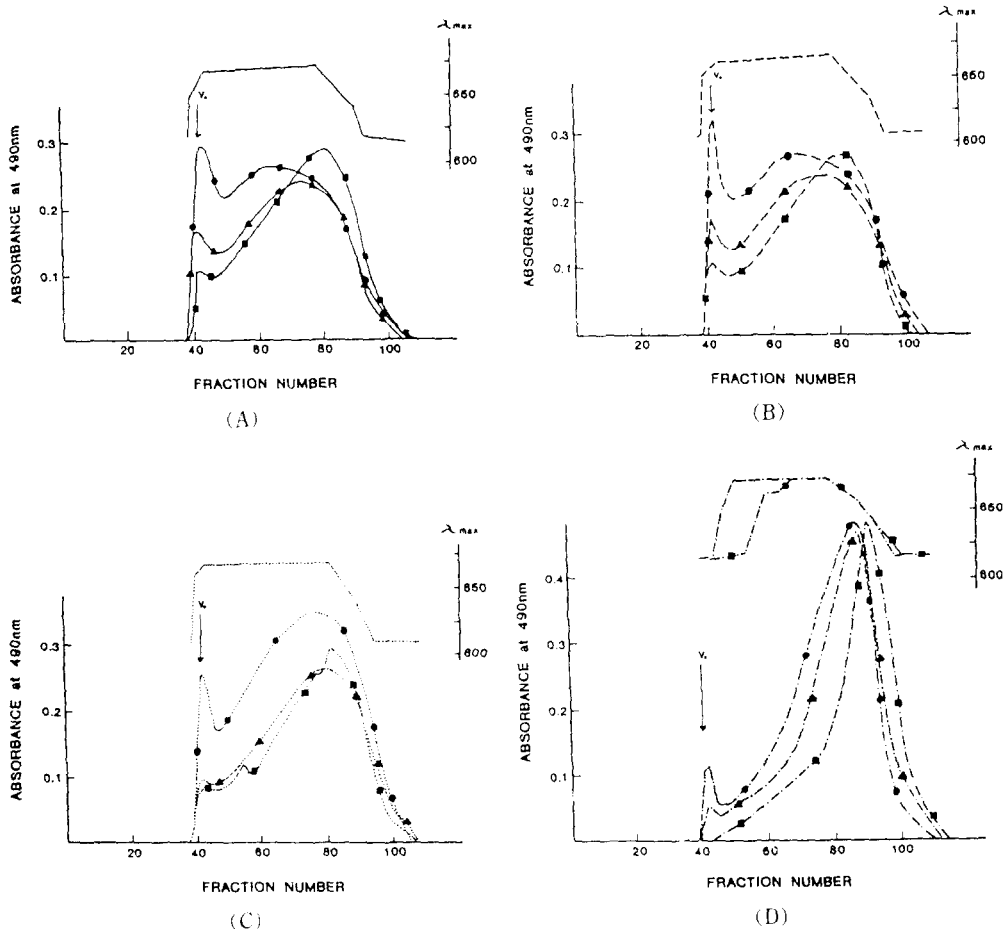


Fig. 1. Elution profiles of legume starches leached at various temperatures

Leaching temperature: 75, ●-●; 85, ▲-▲; 95, ■-■; Legume starches: A, cow pea; B, mung bean; C, red bean; D, kidney bean.

Table 1. Percentage distribution of molecular weight of soluble carbohydrate leached at 75°C, 85°C, 95°C

Starch	Leaching temperature (°C)	Molecular weight			
		$>5 \times 10^6$	$5 \times 10^6 - 5 \times 10^5$	$5 \times 10^5 - 4 \times 10^4$	$<4 \times 10^4$
Cow pea	75	26.17	60.00	12.08	1.75
	85	36.19	54.42	8.03	1.09
	95	45.67	45.77	7.90	0.66
Mung bean	75	28.16	60.47	10.12	1.25
	85	35.86	55.18	7.95	1.01
	95	41.68	49.84	7.51	0.97
Red bean	75	23.78	60.19	13.18	2.85
	85	25.75	59.91	11.76	2.58
	95	32.94	54.95	9.91	2.20
Kidney bean	75	7.40	44.23	34.76	13.61
	85	13.22	62.22	19.25	5.31
	95	14.09	64.52	19.24	2.15

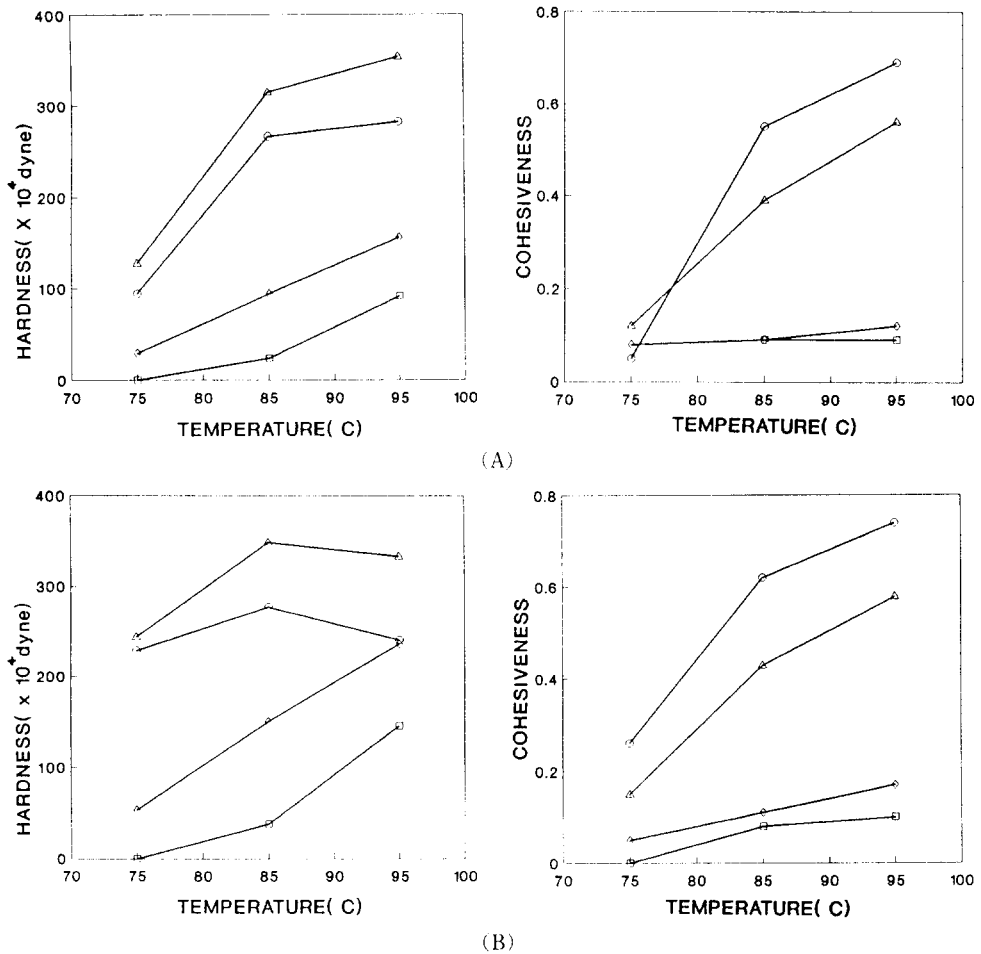


Fig. 2. Effects of heating temperature and time on hardness and cohesiveness of the legume starch gels. Legume starches: cow pea, ○—○; mung bean, △—△; red bean, ◇—◇; kidney bean, □—□; Heating time: A, 15 min; B, 1 hour.

hesiveness)의 값을 구하였다. 실험조건은 load cell : 50 kg, full scale : 5.0 kg, chart speed : 200 mm/min, cross head speed : 100 mm/min, deformation : 75%이었다.

결과 및 고찰

가용성탄수화물의 겔 크로마토그래피

온도변화에 따른 soluble carbohydrate의 용출양상은 Fig. 1과 같고 분자량 분포는 Table 1에 정리하였다. 가열온도 변화에 따라 각 온도에서 용출되어 나오는 분자들의 분자량 분포를 비교해 보면 온도 증가에 따라 분자량이 큰 분자들이 많이 용출됨을 알 수 있었다. 동부와 녹두전분으로부터 용출되어 나오는 soluble carbohydrate는 거의 비슷한 분자량을 갖는 분자들이었으며, 쌀 전분은 약간 더 작은 크기의 분자들이 용출되었고, 강남콩 전분은 온도 증가에 따라 크기에서 뚜렷한 변화없이 분자량이 작은 분자들이 용출되었고 다른 시료 전분들에서보다 그들은 분자량크기가 훨씬 더 작은 것을 알 수 있었다. 따라서 강남콩 아밀로오스 자체가 매우 짧은 사슬로 이루어져 있을 것이라 생각된다. Arbuckle와 Greenwood⁽¹²⁾는 70°C에서 귀리전분을 가열하면 입자의 팽윤이 제한되고 특히 직쇄상으로 된 짧은 아밀로오스들이 용출되며 고온에서는 더 많이 팽윤되고 입자들이 깨어져 순수 아밀로오스의 용출이 어렵다고 하였다. Montgomery와 Senti⁽¹³⁾ 및 Reeve⁽⁶⁾는 직쇄상의 분자가 먼저 용출되고 온도가 증가함에 따라 가지를 가진 분자량이 큰 아밀로오스들이 용출된다고 하였다. 위 실험 결과는 이들의 결과와 거의 비슷한 경향을 보이며 전분의 용출온도가 증가함에 따라 분자량이 큰 부분이 크게 증가하는 것은 호화가 시작되면서 무정형 부분이 먼저 깨어져 가용성 아밀로오스가 빨리 용출되고, 더 높은 온도에서 결정성 부분이 붕괴되고 아밀로펙틴의 일부분들과 intermediate fraction의 용출이 증가되기 때문으로 생각된다. 따라서 요오드 반응에 의한 최대흡수파장이 분자량이 작은 부분과 void volume-부근에서 용출되어 나오는 분자들의 요오드 반응에 의한 최대 흡수파장이 다소 낮은 것은 이들의 중합도나 나선구조가 순수한 아밀로오스와 다르기 때문으로 생각된다.

전분겔의 텍스처

가열온도에 따른 시료 겔들의 견고성과 응집성의 변화 양상은 Fig. 2와 같다. 시료 전분겔 중 녹두가 가장 견고성이 크고 동부는 가장 응집성이 컸다. 15분간 가열하여 제조한 겔(Fig. 2의 A)에서는 가열 온도가 증가함에 따라 모든 시료 전분겔에서 견고성과 응집성이 증가하였으나, 1시간 가열하여 제조한 전분겔(Fig. 2의 B)에서는 동부와 녹두의 경우 85°C에서보다 95°C에서 견고성이 감소하는 경향을 보였으나, 쌀이나 강남콩은 가열온도가 증가함에 따라 견고성이 계속 증가하였고, 시료 전분겔 모두 응집성은 온도 증가에 따라 증가하였다. 1시간 가

열하여 제조한 동부나 녹두 전분겔의 견고성이 85°C에서보다 95°C에서 약간 감소하는 것은 15분간 가열하였을 때보다 가열 시간을 길게 하였을 때 이들의 호화가 완전히 일어나 전분 입자들이 너무 많이 깨어졌기 때문이거나 95°C에서 분자량이 큰 가용성 탄수화물 즉 아밀로펙틴의 일부분들과 intermediate fraction이 더 많이 용출되기 때문이라 생각된다. Ott와 Hester⁽¹¹⁾는 가용성 아밀로오스가 겔 강도와 정의 상관관계가 있다고 하였다. 따라서 가열온도가 높을수록 견고성이 큰 겔이 형성되는 것은 가열할 때에 용출되어 나오는 아밀로오스의 구조나 양의 차이에 기인되는 것으로 판단된다. 김과 이⁽⁹⁾의 연구에서는 저장시간과 겔의 견고성이 상관관계가 매우 높다고 하였다. 이와 이⁽⁹⁾는 도토리과 밤전분 겔의 견고성과 응집성을 압착시험으로 측정한 결과 가열온도가 90°C까지는 온도가 증가할수록 견고성이 증가하는 양상을 보였으나 90°C 이상으로 가열하여 제조한 겔에서는 오히려 견고성이 감소하는 경향을 보였다. 그러나 응집성은 온도 증가에 따라 계속 증가하는 양상을 보여 본 실험에서와 전분 시료는 다른 종이지만 비슷한 결과를 보였다.

요 약

온도 증가에 따라 용출되는 soluble carbohydrate는 온도가 증가할수록 더 큰 분자들이 많이 용출되었고 동부와 녹두는 아주 유사한 용출 양상을 보였다. 그리고 쌀은 동부나 녹두보다는 분자량이 작지만 강남콩보다는 큰 분자들이 용출되었고 95°C에서의 용출양상이 동부나 녹두의 85°C에서의 용출양상과 비슷해지는 것을 알 수 있었다. 그러나 강남콩은 온도가 증가되어도 아주 작은 분자들이 계속 많이 용출되어 강남콩 아밀로오스가 작은 분자들로 이루어져 있다는 것을 시사했다. 텍스처실험 결과 전분겔의 특성은 녹두가 가장 견고성이 크고 동부는 응집성이 가장 컸다. 쌀이나 강남콩은 견고성과 응집성 모두 동부나 녹두에 비해 낮았다. 15분간 가열하여 제조한 전분겔의 경우 가열온도가 증가할수록 견고성과 응집성이 증가하였다. 1시간 가열하여 제조한 전분겔의 경우 동부와 녹두는 85°C에서보다 95°C에서 견고성이 감소하였으나 쌀이나 강남콩은 가열온도 증가에 따라 견고성이 증가하였고 시료 전분겔 모두 응집성은 증가하는 양상을 보였다.

문 헌

- Ott, M. and Hester, E.E.: Gel formation as related concentration of amylose and degree of starch swelling. *Cereal Chem.*, **42**, 477(1965)
- 이혜성, 이혜수 : 도토리과 밤전분 겔의 물리적 특성 비교. *한국조리과학회지*, **1**, 53(1985)
- 김영아, 이혜수 : 도토리묵의 물리적 특성. *한국식품과학회지*, **17**, 345(1985)

4. Morris, V.J.: Starch gelation and retrogradation. *Trends in Food Sci. Technol.*, 2(1990)
5. Miles, M.J., Morris, V.J., Orford, P.D. and Ring, S.G.: The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydr. Res.*, 135, 271(1985)
6. Reeve, R.M.: Histological survey of conditions influencing texture in potatoes. II. Observation on starches in treated cells. *Food Res.*, 19, 333(1954)
7. Hood, L.F. and Liboff, M.: Starch ultrastructure, in New frontiers in food microstructure. Bechetel, D.B. (ed.), AACC, pp.341-370(1983)
8. 김향숙, 권미라, 안승요 : 동부전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, 19, 18(1987)
9. Ghiasi, K., Hoseney, R.C. and Varriano-Martson, E.: Gelatinization of wheat starch. I. Excess-water systems. *Cereal Chem.*, 59, 81(1981)
10. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Robers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, 25, 1656(1953)
11. Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Molecular weight distribution of legume starches. *Cereal Chem.*, 56(5), 475(1979)
12. Arbuckle, A.W. and Greenwood, C.T.: Physicochemical studies on starches. part XIII. The fractionation of oat and wheat starches. *J. Am. Chem. Soc.*, 2626(1958)
13. Montgomery, E.M. and Senti, F.R.: Separation of amylose from amylopectin of starch by extraction-sedimentation procedure. *J. Polymer Sci.*, 28, 1(1958)

(1993년 9월 10일 접수)