

분질 및 점질 고구마 전분의 아밀로펙틴 특성

김성란 · 안승요

서울대학교 식품영양학과

초록: 한국산 고구마 중 분질인 수원 147과 점질인 황미로부터 전분을 분리하고 이화학적 특성을 비교하였으며 아밀로펙틴의 분자구조적 성질을 조사하였다. 수원 147 전분은 황미전분에 비하여 팽윤력이 낮고 호화개시온도가 높았다. β -Amyloysis limit(%)는 수원 147 아밀로펙틴이 57.6%, 황미 아밀로펙틴이 57.0%를 나타내었고, 평균사슬길이는 수원 147 아밀로펙틴이 24.8 포도당단위, 황미 아밀로펙틴이 21.9 포도당단위였다. 아밀로펙틴을 pullulanase로 가지절단처리한 후 Sephadex G-50으로 분획한 결과는 중합도(\overline{DP}) 35~45와 \overline{DP} 10~20의 bimodal 분포를 나타내었으며 두 아밀로펙틴간 peak의 중합도에서 차이가 있었다(1991년 2월 25일 접수, 1991년 3월 25일 수리).

고구마는 품종에 따라 가열후 텍스처의 차이를 나타내며 분질(dry type: firm, mealy texture)과 점질(moist type: soft, syrupy texture)로 구분된다¹⁾. 고구마의 텍스처는 전분 및 펙틴질 등의 함량과 가열중의 성분변화 등에 의하여 영향을 받는다고 보고되었고, 특히 고구마의 건물중량의 대부분을 차지하는 전분의 특성과 텍스처의 관계를 밝히려는 연구가 행해졌으나 일관성있는 결과를 제시하지 못하고 있다²⁻⁶⁾. 분질 고구마 전분은 점질에 비해 팽윤력과 용해도가 낮고 호화에 필요한 수분량 및 온도가 높으며⁷⁾, 산분해에 대한 저항성과 X-선 회절에 의한 결정화도에 있어서 분질과 점질간 뚜렷한 차이가 있다고 보고되었다⁷⁾.

전분립의 팽윤은 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율과 그 미세구조에 의하여 영향을 받으며⁸⁾ 호화과정의 차이는 주로 전분의 결정성과 구조의 차이때문인 것으로 여겨지고 있다⁹⁾. 특히 아밀로펙틴은 전분립의 내부결합력 및 결정성에 기여하고 그 사슬길이가 호화온도와 노화속도에 영향을 미치며¹⁰⁾, 사슬분지도가 증가할수록 결정도를 낮추어 용융 온도와 전분립의 견고성(rigidity)을 저하시키는 효과를 부여하는 것으로 보고되었다¹¹⁾.

본 연구에서는 가열한 고구마의 텍스처에 영향을 미치리라고 생각되는 아밀로펙틴의 분자구조적 성질을 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

농촌진흥청 무안 작물시험장에서 1988년에 수확된 점질고구마인 황미와 분질고구마인 수원 147을 사용하였다.

전분의 제조 및 이화학적 특성 측정

고구마 전분은 알칼리 침지법¹²⁾에 의하여 제조하였다. 전분입자의 크기 및 형태는 광학현미경(Nikon photomicroscope)을 사용하여 100배로 확대하여 측정하였다. 아밀로오스 함량은 Williams 등¹³⁾의 비색법으로 측정하였고, 전분의 요오드와의 결합능력은 potentiometric titration 방법¹⁴⁾으로 측정하였다. 전분의 팽윤력과 용해도는 Schoch¹⁵⁾의 방법에 따라 50°C ~ 90°C의 온도범위내에서 5°C 간격으로 측정하였다. 전분의 호화특성은 Brabender viscoamylograph를 이용하여 건물중량의 6% 농도로 Medcalf와 Gilles¹⁶⁾의 방법에 따라 조사하였다.

아밀로펙틴의 분리

아밀로펙틴은 Montgomery와 Senti¹⁷⁾의 방법에 따라 다음과 같이 분리하였다. Soxhlet 추출장치에서 메탄올로 48시간 탈지한 전분 20g을 증류수 1l에 분산시키고 인산 완충액(pH 6.0 ~ 6.3) 10ml를 가한 후 자석교반기로 교반하면서 98°C에서 15분간 가열하였

다. 이 전분 현탁액을 ice bath중에서 상온까지 급속히 냉각시켜 3,000 rpm의 속도로 30분간 원심분리하였다. 분리된 침전물을 다시 800 ml의 증류수에 현탁시키고 위의 조작을 2회 더 반복처리한 후, 메탄올로 탈수하고 풍건시켜 아밀로펙틴을 얻었다.

β -Amylolysis limit(%)

Biliaderis등¹⁸⁾의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. 아밀로펙틴 4 mg을 dimethyl sulfoxide(DMSO) 0.2 ml로 잘 녹인 후 아세트산 완충액(pH 4.8, 0.1 N) 3 ml와 β -amylase 200 units를 첨가시켜 37°C 항온수조에서 24시간 반응시켰다. 더이상 환원당의 증가가 없는 것을 확인한 후 30분간 가열하여 효소 활성을 정지시키고 반응액의 총당량과 환원당량을 정량하여 β -amylolysis limit(%)를 계산하였다.

평균사슬길이

Greenwood와 Thomson¹⁹⁾의 periodate 산화법으로 아밀로펙틴의 평균사슬길이(\overline{CL})를 계산하였다. 아밀로펙틴의 바깥사슬길이(\overline{OCL})와 안쪽사슬길이(\overline{ICL})는 Lee등²⁰⁾의 방법에 따라 구하였다.

고유점도

Greenwood²¹⁾의 방법에 따라 아밀로펙틴을 0.5 N KOH 용액에 0.5 ~ 5 mg/ml의 농도로 녹인 후 각 농도의 용액에 대하여 30°C 항온수조에서 Ubbelode 점도계를 사용하여 고유점도 $[\eta]$ 를 측정하였다.

아밀로펙틴의 사슬길이 분포

아밀로펙틴의 사슬길이 분포는 pullulanase 처리후 겔 크로마토그래피 분획 특성으로 조사하였다. 아밀로펙틴 25 mg에 DMSO 1 ml와 아세트산 완충액(pH 4.8, 0.1 N) 4 ml를 가하여 끓는 수조에서 흔들면서 녹였다. 완전히 녹지 않는 부분은 여과하여 제거하고 이 용액에 *Enterobacter pullulanase*(EC 3.2.1.41, Sigma Chemical Co.) 2 unit를 가하여 37°C에서 48시간 반응시킨 후 끓는 수조에서 30분간 가열하여 반응을 종결시켰다.

효소처리한 시료 중 10 mg에 해당하는 양(ml)을 Sephadex G-50 column(2.5 × 100 cm)에 주입하여 0.02% sodium azide를 포함하는 10 mM 인산 완충액(pH 7.0)으로 용출시켰다. 분획은 4 ml씩 받아 총당량은 phenol-sulfuric acid 방법²²⁾으로, 환원당은 Somogyi-

Nelson 법²³⁾으로 구하였고 각 분획의 사슬길이는 총당량을 환원당으로 나누어 구하였다.

결과 및 고찰

전분의 이화학적 특성

전분입자의 형태는 수원 147이 둥근형, 황미가 다각형이었으며 전분입자의 크기는 수원 147이 4.5 ~ 12.5 μ m, 황미가 5.0 ~ 13.4 μ m 범위내에 있었다.

Amylose 함량은 수원 147이 17.80%, 황미가 17.15%로서 수원 147이 약간 높았으며, 전분의 iodine binding capacity는 수원 147이 4.05, 황미가 3.83으로 수원 147이 더 높은 요오드 친화성을 나타내었다.

가열중 전분입자에 대한 물 흡수능력의 지표인 팽윤력을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 팽윤양상은 일단계 과정을 보였으며, 황미는 60°C부터, 수원147은 65°C부터 팽윤력이 급격히 증가하기 시작하였고 온도가 상승함에 따라 황미의 팽윤력이 높게 나타났으며 75°C이후에서는 비교적 완만했다. 팽윤력은 전분중 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율과 입자내 미세구조, 결합력에 따라 영향받는다 알려져 있으므로⁸⁾ 두 전분간 내부결합력에 차이가 있으며 분질인 수

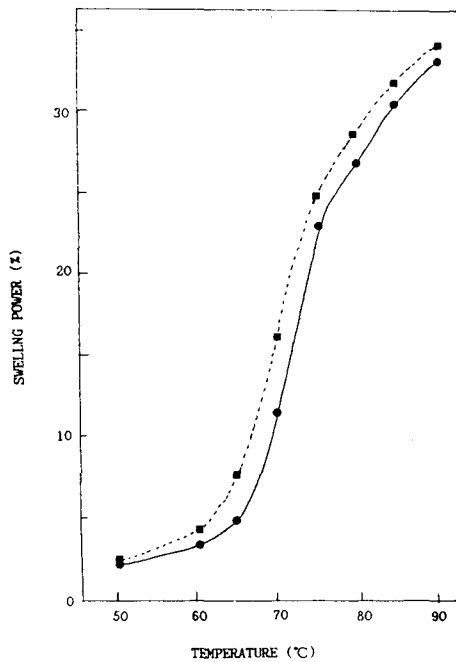


Fig. 1. Swelling power of Suwon 147(—●—) and Hwangmi(---■---) sweet potato starches

Table 1. Characteristic values(Brabender units) of sweet potato starches by Brabender amylograph

Variety	Initial pasting temperature(°C)	Peak height (P)	Height at 95°C 15min (H)	Height at 50°C (C)	Break-down (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
Suwon 147	72.7	765	705	800	60	95	35
Hwangmi	67.5	890	740	830	150	90	-60

원 147이 점질인 황미보다 입자내 결합강도가 더 크다고 해석된다.

전분의 호화양상

Brabender amylogram에 의한 전분의 호화양상은 Table 1과 같이 호화개시온도는 황미가 67.5 °C, 수원 147이 72.7°C이었다. 전분입자의 크기, 아밀로오스 함량 및 아밀로펙틴의 분자량과 분지도 등은 호화온도에 영향을 주며 특히 전분입자내 분자들의 미셀구조와 내부 결정화도가 클수록 가열시 느리게 팽윤되어 높은 호화온도를 갖는다고 알려져있다²⁰⁾.

두 시료 전분간 점도의 차이는 호화과정에서 수원 147의 호화 팽창이 느려 점도의 증가가 낮았기 때문이며, 황미는 84.5 °C에서 최고점도를 나타내었으나 수원 147은 93.5 °C에서 최고점도를 나타낸 것은 수원 147의 팽윤이 비교적 느리게 일어나고 아밀로오스의 용출도 황미보다 어렵다는 것을 의미한다. 팽윤된 전분립의 fragility를 나타내는 breakdown(P-H)이 황미가 큰 것으로 보아 열과 전단(shear force)에 대한 저항성은 황미보다 수원 147이 더 큼을 알 수 있다.

냉각점도(C)와 consistency로 볼 때 두 시료전분간 노화속도는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Setback(C-P)에서 황미가 더 낮은 것은 팽윤된 전분립의 breakdown이 냉각점도의 증가보다 커서 냉각점도가 최고점도보다 낮게 나타났기 때문이다.

아밀로펙틴의 β-amylolysis limit(%)와 평균사슬길이

두 시료 아밀로펙틴의 β-amylolysis limit(%)와 평균사슬길이는 Table 2와 같다. 수원 147 아밀로펙틴은 57.6 %, 황미 아밀로펙틴은 57.0 %의 β-amylolysis limit(%)를 나타내었고 시료간의 차이는 없었으며 다른 전분의 아밀로펙틴(56 ~ 58 %)과도 유사한 값이

Table 2. β-Amylolysis limit(%) and average chain length of sweet potato amylopectins

Variety	β-Amylolysis limit (%)	CL	OCL	ICL
Suwon 147	57.6	24.8	16.3	7.5
Hwangmi	57.0	21.9	14.5	6.4

CL : Average unit chain length(glucose units), OCL : Average outer chain length(glucose units), ICL : Average inner chain length(glucose units), $OCL = CL \times \beta\text{-amylolysis limit} + 2$, and $ICL = CL - OCL - 1$.

었다^{18,25)}.

평균사슬길이(CL)는 수원 147 아밀로펙틴이 24.8 glucose units, 황미 아밀로펙틴이 21.9 glucose units로 수원 147 아밀로펙틴이 더 길었다. Takeda 등²⁶⁾은 고구마 아밀로펙틴에 대해 55 ~ 56%의 β-amylolysis limit(%)와 20.8 ~ 22.4의 평균사슬길이를 보고하였다. 평균사슬길이는 찰옥수수(18.6), 밀, 쌀(17 ~ 22) 등 곡류전분의 아밀로펙틴보다는 길었고, 타피오카, 감자(21.1 ~ 23.7)등과는 비슷하였다.

바깥사슬길이(OCL)와 안쪽사슬길이(ICL)도 수원 147 아밀로펙틴이 황미보다 더 길었다.

아밀로펙틴의 고유점도

아밀로펙틴의 분자량 및 분자크기 결정은 매우 힘들므로 시료간 고유점도 차이로부터 비교할 수 있다. Fig. 2에서와 같이 specific viscosity(η_{sp})를 농도로 나눈 환원점도와 농도는 직선관계를 보였으며 Huggins 식(η_{sp}/C = [η] + k(η)°C)²⁶⁾에 잘 적용되었다. Huggins에 의하면 Huggins 정수인 k는 interaction coefficient로 용질입자의 형태 및 용매와 용질의 상호작용으로부터 결정되는 값이며 k값이 클수록 polymer chain의 stiffness가 크고 용질내의 결합강도가 크다는 것을 나타낸다고 하였다. 두 시료 아밀로펙틴의 [η] 및 k값은 각각 수원 147이 192.2, 0.989, 황미가 223.8, 0.740으로 [η]값은 황미가, k값은 수원 147 아밀로펙틴이 각각 높았다.

아밀로펙틴의 사슬길이분포

두 시료 아밀로펙틴을 pullulanase로 가지절단(debranching)처리 후의 Sephadex G-50에 의한 용출분포는 Fig. 3과 같고, 각 분획의 특성은 Table 3에 나타내었다.

두 시료 아밀로펙틴의 용출분포와 각 peak들이

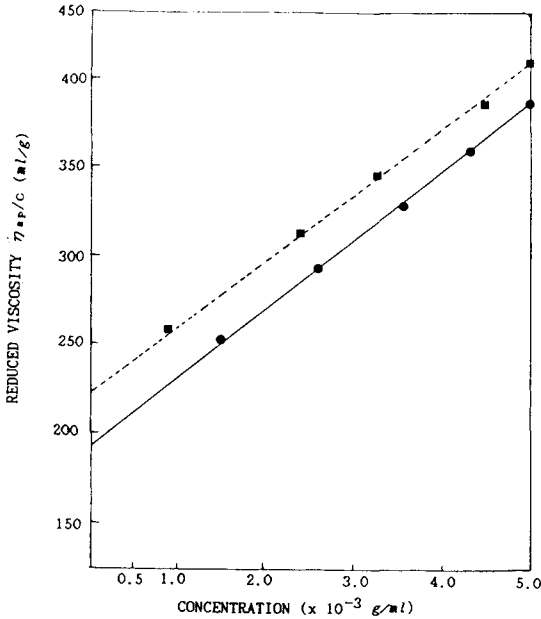


Fig. 2. Plot of reduced viscosity vs. concentration of Suwon 147(—●—) and Hwangmi(---■---) amylopectin suspensions

나타내는 중합도(\overline{DP})범위는 곡류²⁷⁾, 지하경류^{25, 28)}, 두류전분¹⁸⁾의 아밀로펙틴 용출분포와 유사하였다. 3개의 주요 peak, 즉 void volume 부근(peak I), \overline{DP} 35~55(peak II)와 \overline{DP} 10~20(peak III)로된 분포를 나타냈으며 이 중 peak II와 peak III는 가지절단처리 후의 아밀로펙틴 성분으로 길이가 다른 두 종류의 사슬로 구성되었음을 알 수 있다.

Peak I은 혼합된 아밀로오스이거나 아밀로오스와 유사한 다른 직쇄상의 분자이거나 또는 아밀로펙틴을 구성하는 또다른 성분으로 생각된다²⁹⁾. 본실험에서는 효소처리한 시료의 β -amylolysis limit(%)가 97.1~98.8%로 100%에 가까운 값을 보여(Table 3), pullulanase에 의해 전분은 완전히 debranching 되었음

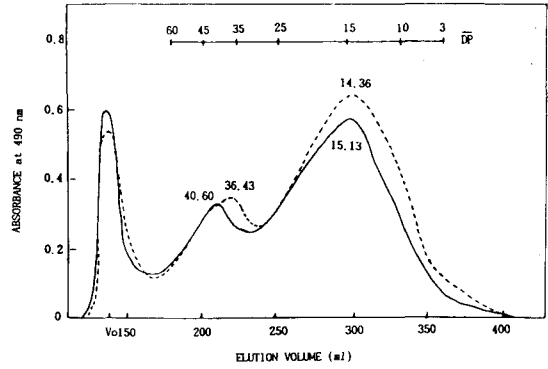


Fig. 3. Elution profile of pullulanase-debranched amylopectins from Suwon 147(—) and Hwangmi(---)

을 확인하였다.

Table 3에 나타난 결과를 보면 두 고구마 아밀로펙틴은 각 peak의 면적분포가 유사하고 peak 면적비율이 품종간 차이가 없는 것으로 나타나 유사한 A:B chain ratio의 비슷한 분자구조를 이룰 것으로 생각된다. 두 아밀로펙틴의 peak III의 크기는 큰 차이가 없었으므로 둘 간 분지도의 차이는 뚜렷하지 않은 것으로 보이며 이는 β -amylolysis limit(%)의 결과와도 일치하였다.

그러나 각 peak의 중합도는 차이가 있었으며 수원 147 아밀로펙틴의 peak는 \overline{DP} 40.60과 15.13에서, 황미 아밀로펙틴의 peak는 \overline{DP} 36.63과 14.36에서 나타났다. 이는 아밀로펙틴을 구성하는 사슬 길이가 다를 수 나타내고, Table 3의 periodate 산화법에 의한 결과와도 일치하였다.

Suzuki등¹⁰⁾은 사슬 길이가 길수록 노화경향이 크다고 보고하였으며 분자간 회합(association)과 사슬 길이가 관계있음을 시사하였다. Mervyn³⁰⁾에 의하면 \overline{DP}

Table 3. Characteristics of pullulanase-debranched sweet potato amylopectins

Variety	Distribution of peaks (% by weights)			Ratio of III-peak to II-peak	Chain length(\overline{DP}) of each peaks		% β -amylolysis limit of debranched amylopectin
	I	II	III		Peak II	Peak III	
Suwon	16.02	21.14	62.84	2.97	40.60	15.13	98.8
Hwangmi	14.55	21.33	64.12	3.01	36.63	14.36	97.1

15부근의 아밀로펙틴 사슬이 사슬간 상호작용에 관여하여 전분결의 결정화도(crystallinity) 및 노화시 전분립의 견고성(rigidity)을 높힌다고 제안하였다.

이상의 결과로 볼 때 점질 고구마보다 더 긴 사슬

로 구성된 분질 고구마 아밀로펙틴의 구조적 특성이 팽윤, 호화, 산가수분해 등에 저항성을 부여하고 고구마의 텍스처와 관련이 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Walter, W.M., Purcell, A.E. and Nelson, A.M. : J. Food Sci., 40 : 793(1975)
2. Hammet, H.L. : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 78 : 421 (1961)
3. Ali, M.K. and Jones, L.G. : J. Sci. Ind. Res., 10 : 121 (1967)
4. Bettelhem, F.A. and Sterling, C. : Food Res., 20 : 71 (1955)
5. 이경애 : 서울대학교 석사학위 논문(1984)
6. 신말식 : 서울대학교 박사학위 논문(1987)
7. 임서영, 신말식, 안승요 : 한국농화학회지, 28 : 156(1985)
8. Wong, R.B.K. and Lelievre, J. : Starke, 34 : 159 (1982)
9. Ghiashi, K., Varriano-Marston, E. and Hosney, R. C. : Cereal Chem., 39 : 262(1982)
10. Suzuki, A., Takdea, Y. and Mizukuri, S. : J. Jap. Soc. Starch Sci., 32 : 205(1985)
11. Juliano, B.O. : J. Jap. Soc. Starch Sci., 29 : 305 (1982)
12. Yamamoto, K. : J. Jap. Soc. Starch Sci., 28 : 206 (1981)
13. Williams, P.C., Kuzina, F.K. and Hlynka, I. : Cereal Chem., 47 : 411(1970)
14. Schoch, T.J. : In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', Whistler, R.L.(ed.) Vol. IX, p. 157, Academic Press(1964)
15. Schoch, T.J. : In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', Whistler, R.L.(ed.), Vol. IV, p. 106, Academic Press(1964)
16. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. : Cereal Chem., 42 : 558(1965)
17. Montgomery, E.M. and Senti, F.R. : J. Polymer Sci., 28 : 1(1964)
18. Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R. : Cereal Chem., 58 : 496(1981)
19. Greenwood, C.T. and Thomson, J. : J. Am. Chem. Soc., 85 : 222(1962)
20. Lee, E.Y.C., Carter, J.H., Nielson, L.D. and Fischer, E.H. : Biochem., 9 : 2347(1970)
21. Greenwood, C.T. : In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', Whistler, R.L.(ed.), Vol. IX, p. 179, Academic Press(1964)
22. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Robers, P.A. and Smith, F. : Anal. Chem., 25 : 1656(1953)
23. Nelson, N. : J. Biol. Chem., 153 : 375(1944)
24. Leelavathi, K., Mysore, D.I. and Ludhiana, J.S.S. : Starke, 39 : 378(1987)
25. Takeda, Y., Tokunaga, N., Takeda, C. and Hizukuri, S. : Starke, 38 : 345(1986)
26. Huggins, M.L. : J. Am. Chem. Soc., 64 : 2716(1942)
27. LH, C.Y. and Lineback, D.R. : Cereal Chem., 54 : 139(1977)
28. Robin, J.P., Mercier, C., Charbonniere, R. and Guilbot, A. : Cereal Chem., 51 : 388(1974)
29. Hood, C.F. : Carbohydr. Res., 61 : 53(1978)
30. Mervyn, J.M., Victor, J.M., Paul, D.O. and Stephen, G.R. : Carbohydr. Res., 135 : 271(1985)

Characterization of amylopectins isolated from dry and moist type sweet potato starch

Sung-Ran Kim and Seung-Yo Ahn(Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea)

Abstract : The physicochemical properties of starches from dry(Suwon 147) and moist type (Hwangmi) sweet potato were investigated and molecular structural properties of their amylopectins were also studied by gel chromatography. Suwon 147 starch had lower swelling power and higher gelatinization temperature than Hwangmi starch. β -Amylolysis limit(%) of Suwon 147 and Hwangmi amylopectin were 57.6% and 57.0%, respectively. Average unit chain length of amylopectins were 24.8 glucose units for Suwon 147 and 21.9 for Hwangmi. The elution profiles by

Sephadex G-50 after debranched amylopectins of the two starches were similar but DPs of each peak were different.