

두류 전분의 분자구조적 특성

권미라 · 안승요

서울대학교 가정대학 식품영양학과

Molecular Structural Properties of Legume Starches

Mee-Ra Kweon and Seung-Yo Ahn

Department of Food and Nutrition, Seoul National University

Abstract

Molecular structural properties of legume starches were investigated. In intrinsic viscosity and degree of polymerization of amylose and amylopectins, cow pea and mung bean were high, but kidney bean was low. Low molecular weight fractions for kidney bean starch were much eluted by gel chromatography. In the elution profiles of their amylose by Sepharose 2B-CL, molecular weight of kidney bean amylose was smaller than that of other amyloses. Molecular weights of cow pea and mung bean amyloses were large, but that of kidney bean amylose was small and red bean amylose was medium. The elution profiles by Sephadex G-50 after debranching amylopectins with pullulanase showed similar patterns.

Key words: legume starches, amylose, amylopectin, gel chromatography, molecular weight distribution

서 론

동부, 녹두, 팥, 강남콩은 저단백, 고탄수화물 두류로 전분을 다량 함유하고 있다. 두류 전분 겔 중에서 동부와 녹두는 목 제조에 이용되고 있지만 강남콩이나 팥은 목의 재료로 이용되지 않고 있다. 이렇게 두류 전분내에서 겔 특성 차이를 보이는 것은 전분의 특성, 겔 형성 조건, 전분 이외의 물질 등 복합적인 요인에 의한 것으로 인식되고 있다.

현재까지의 대부분 연구들은 이화학적 특성에 대한 것들⁽¹⁻⁵⁾이었으나 전분 겔의 특성 차이를 설명하려는 시도로 배 등⁽⁶⁾은 SEM으로 녹두, 감자, 고구마로 제조한 전분 겔의 미세구조를 관찰하고 텍스처를 기계적으로 측정함과 아울러 관능평가를 실시한 결과 균일하고 다공질성의 구조를 보인 녹두 겔이 텍스처 측정치도 높고 수용력이 높게 평가되어 전분 겔의 구조에 따라 텍스처의 차이가 나타나며 수용력도 다르게 평가되었다고 하였다. 그러나 전분 겔의 미세구조와 텍스처 특성을 구체적으로 연관시키기 위해서는 전분의 종류 뿐만 아니라 아밀로오스의 종류 및 함량, 분자의 사슬길이 등에 대한 연구가 필요하다고 하였다. 또한 김⁽⁷⁾은 아밀로오스와 아밀로펙틴이 목의 텍스처에 미치는 영향에 대한 연구에서 아

밀로펙틴은 겔 지표와 탄성한계에 영향을 주고, 아밀로오스는 겔 강도와 절단성에 기여한다고 하였고 전분의 종류에 따라 아밀로오스와 아밀로펙틴이 겔 텍스처에 미치는 영향이 다르게 나타난 것은 전분의 구조적 차이 때문으로 생각되어 이에 대한 연구의 필요성을 언급하였다.

따라서 본 연구는 두류 전분 겔의 특성의 차이를 규명하기 위하여 이들의 전분 및 이들 전분으로부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분자구조적 특성을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

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

전분의 제조 및 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분리

전분은 알카리 침지법⁽⁸⁾으로 제조하였고, 아밀로오스와 아밀로펙틴은 Montgomery와 Senti의 방법⁽⁹⁾에 의하여 각 전분으로부터 분리하였다.

아밀로오스 및 아밀로펙틴과 요오드 복합체의 최대흡수 파장과 β -amylolysis limit

아밀로오스 및 아밀로펙틴과 요오드 complex의 최대 흡수파장은 Williams 등⁽¹⁰⁾의 방법으로 Double Beam

Corresponding author: Mee-Ra Kweon, Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Spectrophotometer(Shimazu Co.)를 이용하여 구하였다. 또한 이들의 β -amylolysis limit는 Biliaderis 등⁽¹⁰⁾의 방법으로 측정하였으며 이때 총 당의 함량과 환원당의 양을 각각 페놀-황산법⁽¹¹⁾과 Somogyi-Nelson 방법⁽¹²⁾으로 정량하였다.

아밀로펙틴의 평균사슬길이

아밀로펙틴의 말단기 분석은 Potter 등⁽¹³⁾의 방법을 수정한 Greenwood와 Thomson⁽¹⁴⁾의 periodate 산화법으로 실시하였고, Lee 등⁽¹⁵⁾의 방법에 따라 아밀로펙틴의 바깥사슬길이와 안쪽사슬길이를 구하였다.

아밀로오스와 아밀로펙틴의 고유점도 및 중합도

고유점도는 Greenwood의 방법⁽¹⁶⁾에 따라 Ubbelodhe 점도계를 사용하여 측정하였다. 아밀로오스의 중합도는 $DP_n = 7.4 \times [\eta]$, 아밀로펙틴의 중합도는 $DP_n = 12 \times [\eta]$ 식으로부터 구하였다.

전분의 겔 크로마토그래피

전분시료 100 mg에 dimethyl sulfoxide 5 ml를 가하여 70°C의 황온수조에서 녹인 후 에탄올 15 ml를 가하고 침전이 형성되면 3000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 얻어진 침전물에 0.01 N NaOH를 5 ml 가하여 녹인 후 여과하여 여액 중 1 ml를 Sepharose 2B-CL column에 주입시키고 0.02% sodium azide를 포함하는 0.01 N NaOH로 20 ml/hr 속도로 용출시켰다. 용출액은 4 ml씩 분획하였으며 각 회분의 총 당량은 페놀-황산법⁽¹¹⁾으로, 요오드 반응의 최대흡수파장은 Biliaderis 등⁽¹⁰⁾의 방법으로 측정하였다.

한편 void volume은 dextran(Sigma Co., 분자량: 5,000,000~40,000,000)을 사용하여 구하였고 total volume은 glucose를 사용하여 구하였다. 또한 column의 보정은 Dextran T-10(MW 10,000), Dextran T-40(MW 40,000)과 Dextran T-500(MW 500,000) (Pharmacia Co.)을 사용하여 구하였다.

아밀로오스의 겔 크로마토그래피

Montgomery와 Senti의 방법⁽⁸⁾으로 분리한 아밀로오스 40 mg을 끓는 물 5 ml에 분산시켜 여과한 후 여액 중 1 ml를 취하여 Sepharose 2B-CL column에 주입하였다.

용출조건 및 용출액 분석은 위와 동일하게 하였다.

아밀로펙틴의 겔 크로마토그래피

아밀로펙틴의 겔 크로마토그래피는 Biliaderis 등⁽¹⁰⁾의 방법을 개량하여 pullulanase로 분해한 후 Sephadex G-50 column을 사용하여 분획하였다. 각 분획의 총 당량과 환원 당량을 구하여 총 당량을 환원 당량으로 나누어 각 분획의 사슬길이를 구하였다.

결과 및 고찰

아밀로오스 및 아밀로펙틴과 요오드 복합체의 최대흡수 파장 및 β -amylolysis limit

아밀로오스와 아밀로펙틴의 최대흡수파장은 Table 1과 같다. 아밀로오스는 640 nm 정도로 helical 구조가 거의 비슷할 것으로 생각되며, 아밀로펙틴의 경우 610 nm로 곡류나 괴경 전분의 보고⁽¹⁷⁻¹⁹⁾에서 보여준 아밀로펙틴의 최대흡수파장인 550~580 nm보다 훨씬 높아서는 가지친 구조가 더 적음을 시사한다. 이들 결과는 Biliaderis 등⁽²⁰⁾이 보고한 adzuki bean, navy bean, faba bean 등의 두류 아밀로펙틴 결과와도 잘 일치되었다.

시료 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 β -amylolysis limit는 Table 1과 같다. 아밀로오스의 경우 동부가 다른 시료에 비해 다소 높으나 유의적인 차이가 없었고, 아밀로펙틴은 아주 유사하였다. 이들 아밀로오스는 지금까지 보고된^(10,17-19) 쌀, 고구마, 녹두 등의 아밀로오스의 β -amylolysis limit인 72~85% 범주에 포함된다. 반면 아밀로펙틴의 경우 곡류나 괴경류는 50~60%이지만⁽¹⁷⁻¹⁹⁾ 두류시료는 이들보다 β -amylolysis limit가 높은 값을 보이는 것은 가지가 더 적기 때문이라고 생각되며 이는 아밀로펙틴의 최대흡수파장이 높은 것과도 잘 부합된다.

아밀로펙틴의 평균사슬길이

시료 전분의 아밀로펙틴의 평균사슬길이는 Table 1과 같다. 평균사슬길이는 23~27로 시료간에 큰 차이를 보이지 않았으나 팔이 좀 긴편이었고 강남콩이 약간 짧았다. 시료 전분의 결과는 Biliaderis 등⁽¹⁰⁾의 adzuki bean을 비롯한 9종의 두류 아밀로펙틴의 결과에 잘 부합되었고, Takeda 등⁽²¹⁾, Lee 등⁽¹⁵⁾, Lii 등⁽²²⁾의 곡류나

Table 1. λ_{max} , β -amylolysis limit and average unit chain length of legume amyloses and amylopectins

Variety	λ_{max}		β -amylolysis limit (%)		Average unit chain of amylopectin		
	Amylose	Amylopectin	Amylose	Amylopectin	CL	OCL	ICL
Cow pea	642	611	79.74	65.87	23.89	17.74	5.15
Mung bean	641	611	74.76	64.65	24.42	17.79	5.63
Red bean	640	609	73.65	66.76	26.80	19.89	5.91
Kidney bean	639	610	71.96	66.55	23.38	17.56	4.82

Table 2. Rheological parameters of legume amyloses and amylopectins

Variety	Intrinsic viscosity(ml/g)		DPn	
	Amylose	Amylopectin	Amylose	Amylopectin
Cow pea	192.8	146.8	1427	1762
Mung bean	248.3	165.6	1838	1987
Red bean	165.5	175.9	1225	2112
Kidney bean	60.0	135.5	443	1626

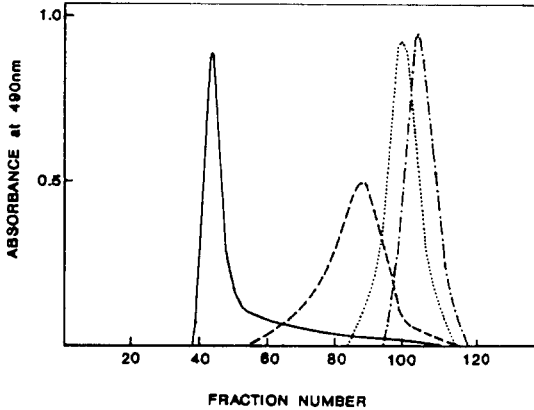


Fig. 1. Gel chromatography of dextran
 Column: Sepharose 2B-CL, flow rate 18 ml/hr
 —; Dextran 5×10^6 - 4×10^7 , ----; Dextran T-500,;
 Dextran T-40, - · - · -; Dextran T-10

괴경의 결과와 비교해 볼때 두류 아밀로펙틴의 평균사슬길이가 비슷하거나 조금 긴편이었다. 이는 두류 아밀로펙틴의 β -amylolysis limit가 곡류나 괴경류보다 큰 결과에 비추어 볼 때 바깥쪽에 존재하는 분지가 적기 때문으로 생각된다. 바깥사슬길이나 안쪽사슬길도 팔이 더 길고 강남공이 짧았다.

아밀로오스와 아밀로펙틴의 고유점도 및 중합도

고유점도와 중합도 결과는 Table 2에 정리하였다. 시료 아밀로오스의 고유점도는 녹두가 다소 크고 강남공이 아주 작았다. 아밀로오스의 고유점도는 분자량과 깊은 상관관계를 지니 강남공의 분자량이 특히 작음을 시사해 준다. 고유점도로부터 계산한 중합도도 강남공이 다른 시료에 비해 작았다. Biliaderis 등⁽¹⁰⁾은 두류 아밀로오스의 고유점도는 136~251, 중합도는 1000~1900으로 보고하였는데 시료 아밀로오스의 연구결과에서 강남공만이 범위에 속하지 않았으며 정⁽²³⁾이 보고한 녹두 아밀로오스의 중합도는 1580으로 본 연구결과와 약간의 차이를 보였다. 또한 두류 아밀로오스의 중합도는 Banks 등⁽²⁴⁾의 곡류(330~435)나 감자(410) 아밀로오스의 중합도보다 작았다. 시료 아밀로펙틴들의 중합도는 서로간에 큰 차이를 보이지 않았지만, 역시 강남공이 약간 작았다.

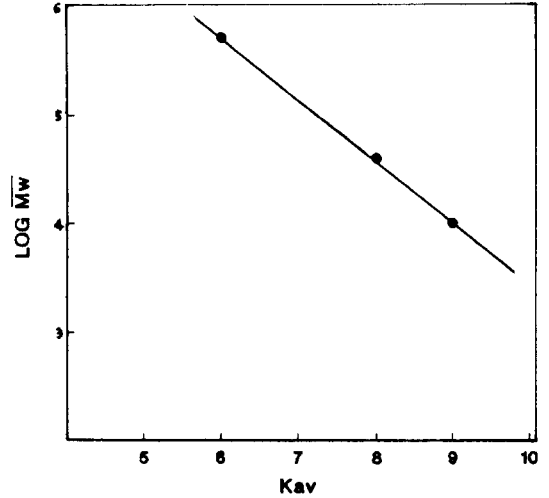


Fig. 2. Calibration curve based the molecular weight values of dextran standards

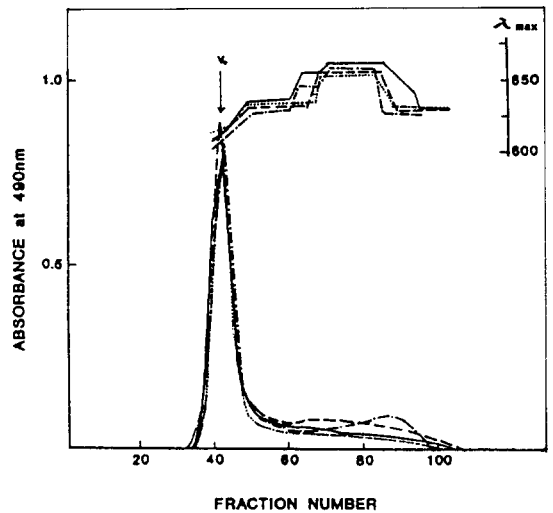


Fig. 3. Gel chromatography of legume starches
 Column: Sepharose 2B-CL, flow rate 18 ml/hr
 —; cow pea, ----; mung bean,; red bean, - · - · -;
 kidney bean

전분의 겔 크로마토그래피

Sepharose 2B-CL column은 분자량이 알려진 dextrans을 사용하여 보정을 하였고 이들의 겔 크로마토그래피 용출곡선은 Fig. 1과 같으며 분자량과 K_{av} 간의 관계는 Fig. 2와 같다. 또한 시료 전분의 겔 크로마토그래피 양상은 Fig. 3과 Table 3과 같다. 시료 전분 모두 거의 비슷한 용출양상을 보였으며, 두 부분으로 나누어져 있었다. Void 부분에 해당하는 좁고 높은 peak는 고분자량으로 구성된 아밀로펙틴을 나타내 요오드와의 complex에 의한 최대흡수파장이 600 nm 이하로 낮으나 저

Table 3. Percentage distribution of molecular weight of cow pea, mung bean, red bean and kidney bean starches

Variety	$>5 \times 10^6$	$5 \times 10^6 - 5 \times 10^5$	$5 \times 10^5 - 4 \times 10^4$	$<4 \times 10^4$
Cow pea	77.57	16.91	4.78	0.74
Mung bean	75.72	20.77	2.87	0.64
Red bean	80.51	15.24	3.39	0.85
Kidney bean	76.43	17.20	5.10	1.27

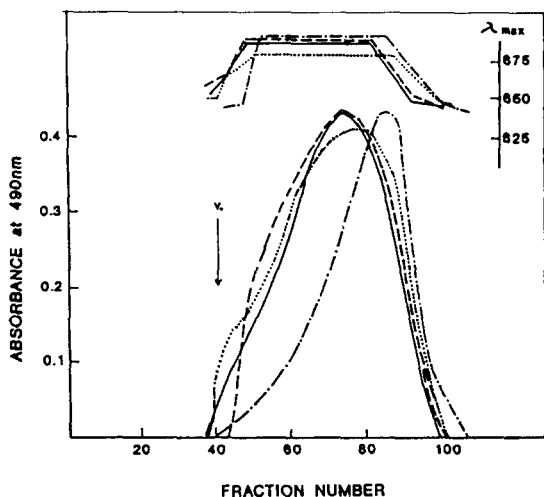


Fig. 4. Gel chromatography of amyloses
Column: Sepharose 2B-CL, flow rate 18 ml/hr
—; cow pea, ----; mung bean,; red bean,; kidney bean

분자량을 나타내는 완만한 곡선은 아밀로오스에 해당하는 부분으로 요오드와의 결합으로 나타내는 최대흡수파장이 높아 결합력이 큼을 보여준다. 이같은 용출양상은 다른 연구자들이 보고한⁽²⁵⁻²⁷⁾ 종이 다른 maize나 sweet corn 전분의 연구결과와 거의 동일한 양상을 나타낸다. 4개의 시료 전분 중 강남콩 전분이 다른 전분보다 대체로 분자량이 작은 부분($<5 \times 10^5$)이 많이 용출되었고 이들은 아밀로오스와 아밀로펙틴의 고유점도 결과와도 일치하였다.

아밀로오스의 겔 크로마토그래피

시료 아밀로오스의 용출곡선은 Fig. 4와 같고, 겔 크로마토그래피에 의한 분자량 분포는 Table 4에 정리하였다. 모든 시료 아밀로오스가 단일 peak를 나타냄으로써 순수한 아밀로오스임을 알 수 있고, 요오드와의 복합체들이 나타내는 최대흡수파장도 612~670 nm의 범위인 것으로 보아 아밀로펙틴의 혼입이 없는 것으로 생각된다. Table 4의 결과에서 동부와 녹두 아밀로오스는 거의 비슷한 분자량 분포를 보이고 상당히 분자량도 크나, 강남콩은 분자량이 매우 작은 아밀로오스로 구성되어

Table 4. Percentage distribution of molecular weight of legume amyloses

Variety	$>5 \times 10^6$	$5 \times 10^6 - 5 \times 10^5$	$5 \times 10^5 - 4 \times 10^4$	$<4 \times 10^4$
Cow pea	25.12	65.37	8.85	0.66
Mung bean	28.40	61.70	9.05	0.85
Red bean	27.98	60.97	10.10	0.95
Kidney bean	10.19	66.95	18.51	4.35

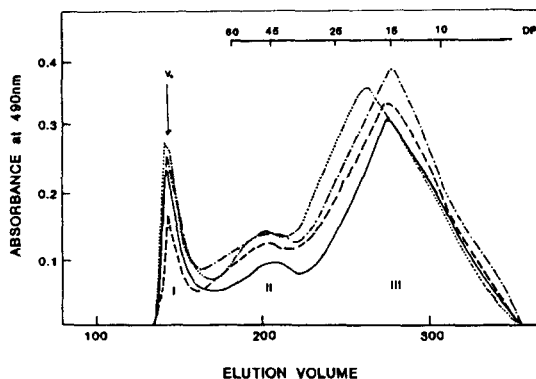


Fig. 5. Elution profiles of pullulanase-debranched amylopectins

Column: Sephadex G-50, flow rate 18 ml/hr
—; cow pea, ----; mung bean,; red bean,; kidney bean

있고, 팔은 동부나 녹두보다 약간 분자량이 작은 아밀로오스로 구성되어 있음을 알 수 있다. 동부나 녹두는 김⁽¹⁸⁾이나 임⁽¹⁹⁾의 보고에 의한 고구마 아밀로오스와 크기가 거의 비슷하며 노⁽¹⁷⁾의 보고에 의한 쌀 아밀로오스보다는 분자량이 컸다. 아밀로오스의 fraction에 따라 최대흡수파장이 다른 것은 Biliaderis 등⁽²⁰⁾에 의하면 아밀로오스의 중합도와 아밀로오스의 구조적 차이로 설명하였고, Bailey와 Whelan⁽²⁸⁾은 요오드와의 결합에 의해 나타나는 색의 강도가 아밀로오스의 사슬길이와 관계가 있으며 중합도 350 이상에서만 최대흡수파장이 645 nm에 이른다고 하였다. 시료 아밀로오스의 분자량이 큰 전분부의 fraction에서 약간 낮은 λ_{max}값을 나타낸 것은 분지된 정도가 다소 큰 분자들이 용출된 것으로 생각된다.

아밀로펙틴의 겔 크로마토그래피

시료 아밀로펙틴을 pullulanase로 분해한 후 Sephadex G-50에 의한 용출곡선은 Fig. 5와 같고 각 fraction의 특성은 Table 5에 나타내었다. 각 시료 아밀로펙틴의 용출분포는 곡류나 괴경 전분의 아밀로펙틴과 유사하였고, Biliaderis 등⁽²⁰⁾의 두류 아밀로펙틴과도 유사하였다. 각 peak들이 나타내는 중합도 범위는 Robin 등⁽²⁹⁾, Biliaderis 등⁽¹⁰⁾, Takeda 등⁽³⁰⁾의 보고와 일치하였다. 3개의 주요 peak는 void volume (peak I), DP 35~55 (peak II)와

Table 5. Characteristics of pullulanase-debranched legume amylopectins

Variety	Distribution of peaks(% by weight)			Ratio of III/II chains	Chain length of each peak	
	I	II	III		II	III
Cow pea	13.17	13.36	74.07	5.54	37.84	15.15
Mung bean	5.77	14.19	79.79	5.62	40.15	15.68
Red bean	13.95	15.52	71.78	4.63	42.56	17.17
Kidney bean	10.90	15.80	73.57	4.65	35.78	15.15

DP 10~20(peak III)로 나타났다. 이 중 peak II와 peak III는 분해 후의 아밀로펙틴 성분으로 길이가 다른 두 종류의 사슬로 구성되어 있다는 사실을 알 수 있다. 용출곡선의 peak I 부분이 시료 아밀로펙틴에서 5.77~13.95%로 나타났으며 이는 Biliaderis 등⁽¹⁰⁾의 두류 아밀로펙틴 연구에서의 3.1~20.2%와 거의 비슷한 결과를 보였다. 각 peak의 중합도는 약간의 차이가 있었으며 팔아밀로펙틴과 강남콩 아밀로펙틴의 peak 중합도에서 차이가 다소 크게 나타났다. 또한 peak II에 대한 peak III의 비율이 동부나 녹두가 팔이나 강남콩보다 약간 더 큰 것으로 나타났다. Mervyn 등⁽³¹⁾에 의하면 DP 15 부근의 아밀로펙틴 사슬이 사슬간 상호작용에 관여하여 전분 겔의 결정도 및 견고성을 높인다고 하였다. Hizukuri⁽³²⁾는 아밀로펙틴의 사슬길이는 전분의 결정성에 중요하고 peak II 부분이 글리코겐에서는 없는 것으로 보아 peak II 부분이 결정성 부분에서의 핵형성 역할에 중요하다고 하였다.

요 약

아밀로오스와 아밀로펙틴의 고유점도와 중합도는 강남콩이 다른 시료에 비해 작았다. 겔 크로마토그래피에 의한 분자량 분포의 연구에서는 전분의 경우 강남콩이 대체로 작은 분자들이 많음을 보여주었다. 아밀로오스의 분자량 분포는 특히 강남콩 아밀로오스가 분자량이 작은 것으로 나타났으며 동부와 녹두는 강남콩이나 팔보다 컸고, 팔은 중간이었다. 아울러 아밀로펙틴의 경우 pullulanase로 분해시켰을 때 잘라지는 가지 부분들이 강남콩은 약간 짧았고 동부나 녹두는 강남콩보다는 길었으며 서로 비슷했다. 또한 동부나 녹두는 긴 사슬(DP 40 부근)에 비해 짧은 사슬(DP 15 부근)의 비율이 더 크게 나타났다.

문 헌

- Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.*, **45**, 564(1948)
- Lai, C.C. and Varriano-Marston, E.: Studies on the characteristics of black bean starch. *J. Food Sci.*, **44**, 528(1979)
- 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)
- 김완수, 이혜수, 김성곤: 녹두 전분의 특성. *한국농화학회지*, **23**, 166(1980)
- 김향숙, 권미라, 안승요: 동부전분의 이화학적 특성. *한국식품과학회지*, **19**, 18(1987)
- 배광순, 손경희, 문수재: 목의 구조와 텍스처. *한국식품과학회지*, **16**, 185(1984)
- 김향숙: 아밀로오스와 아밀로펙틴이 목의 텍스처에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문(1987)
- 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)
- 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)
- Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Structural characterization of legume starches. I. Studies on amylose, amylopectin and beta-limit dextrins. *Cereal Chem.*, **58**(6), 496(1981)
- 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)
- Nelson, N.: A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375(1944)
- Potter, A.L. and Hassid, W.Z.: Starch I. End-group determination of amylose and amylopectin by periodate oxidation. *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 3488(1948)
- Greenwood, C.T. and Thomson, J.: Physicochemical studies on starches. part XXIV. The fractionation and characterization of starches of various plant origins. *J. Chem. Soc.*, 222(1962)
- Lee, E.Y.C., Carter, J.H., Nielson, L.D. and Fischer, E.H.: Purification and properties of yeast amylo-1,6-glucosidase-dligo-1,4-glucantransferase. *Biochem.*, **9**, 2347(1970)
- Greenwood, C.T.: Viscosity-molecular weight relations. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, vol.IV. Academic Press, p.179(1964)
- 노은숙: 밥의 텍스처와 쌀 아밀로오스의 분자량 분포에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **21**, 486(1989)
- 김래연: 분질 및 점질 고구마의 전분 및 아밀로오스 특성. 서울대학교 석사학위논문(1990)

19. 임경숙 : 녹두 및 고구마 전분의 온도에 따른 용출 아밀로오스 특성. 서울대학교 석사학위논문(1991)
20. Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Molecular weight distribution of legume starches. *Cereal Chem.*, **56**(5), 475(1979)
21. Takeda, Y., Tokunaga, N., Takeda, C. and Hizukuri, S.: Physicochemical properties of sweet potato starches. *Starch*, **38**, 345(1986)
22. Lii, C.Y. and Lineback, D.R.: Characterization and comparison of cereal starches. *Cereal Chem.*, **54**, 138 (1977)
23. 정구민 : 목 제조용 전분의 분자구조와 지방질. 한국식품과학회지, **23**, 633(1991)
24. Banks, W., Greenwood, C.T. and Khan, K.M.: The interaction of linear, amylose oligomers with iodine. *Carbohydr. Res.*, **17**, 25(1971)
25. Colonna, P., Buleon, A. and Mercier, C.: Pisum sativum and Vicia faba carbohydrate: structural studies of starches. *J. Food Sci.*, **46**, 88(1981)
26. Yeh, J.Y., Garwood, D.L. and Shannon, J.C.: Characterization of starch from maize endosperm mutants. *Starch*, **33**, 222(1981)
27. Boyer, C.D., Damewood, P.A. and Simpson, K.G.: The possible relationship of starch and phytyglycogen in sweet corn. *Starch*, **33**, 125(1981)
28. Bailey, J.M. and Whelan, W.J.: Physical properties of starch I. Relationship between iodine stain and chain length. *J. Biol. Chem.*, **236**(4), 969(1961)
29. Robin, J.P., Mercier, C., Charbonniere, R. and Guilbot, A.: Lintnerized starches, filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. *Cereal Chem.*, **51**, 389(1974)
30. Takeda, C., Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Physicochemical properties of lily starch. *Cereal Chem.*, **60**(3), 212(1983)
31. Mervyn, J.M., Victor, J.M., Paul, D.O. and Stephen, G.R.: The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydr. Res.*, **135**, 271(1985)
32. Hizukuri, S.: Relationship between the distribution of the chain length of amylopectin and the crystalline structure of starch granules. *Carbohydr. Res.*, **141**, 295 (1985)

(1993년 3월 8일 접수)