

마(Dioscorea batatas DECAISNE) 전분의 Rheology 및 열적 특성에 관한 연구

최 일 숙 · 이 임 선 · 구 성 자

경희대학교 식품영양학과

Study on Rheological and Thermal Properties of Dioscorea batatas DECAISNE Starch

Il Sook Choi, Lim Sun Lee, Sung Ja Koo

Department of Food and Nutrition Graduate School, Kyung Hee University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the rheological and thermal properties of yam starch.

Yam starch had a hydrodynamic volume with the intrinsic viscosity, $[\eta]$, of 0.29 dl/g deionized water. The values of the intrinsic viscosity of yam starch, determined to pH 2-11, varied between 0.07 to 0.18 dl/g. The highest intrinsic viscosity was obtained at pH 7. At salt concentrations 0-0.2 M NaCl, the intrinsic viscosity of yam starch was decreased up to 0.05 M NaCl concentration then increased to 0.07 M NaCl concentration and remained constant to reach 0.2 M NaCl concentration. The overlap parameter, calculated with the intrinsic viscosity data, was 3.45 g/dl in deionized water.

The thermal properties of yam starch were investigated by Differential Scanning Calorimetry. Three endotherms were observed both pH solution and salt concentration. In the presence of pH 9, the onset temperature of gelatinization peak was the lowest temperature of 50.32°C and the enthalpy (ΔH) was increased in this solution.

The effect of salt on the thermal properties of yam starch was determined at salt concentration of 0-0.2 M NaCl. The enthalpy significantly decreased to salt concentration 0.07 M NaCl and the lowest onset temperature of this concentration was 52.90°C.

I. 서 론

Dioscoreaceae과(family) Dioscorea속(genus)에 속하는 마(Yam)는 다년생 초본으로 고구마의 형태와 비슷하나 덩이줄기를 이루며 전분이 풍부한 저장근을 가지고 있다¹⁾. 참마과에는 사포닌 성분을 많이 함유하고 있으며, 재배는 중국 일본 오세아니아를 포함한 남동부 아시아, 서부아프리카, 그리고 열대아메리카의 인접지역과 카리브 해안이 주요지역이다¹⁻³⁾.

마는 약 600여종이 알려져 있으나, 이들 중 대부분은 독성이 있어서 단지 10여 종류가 식량자원으로 활용되고 있으며, 가장 널리 재배되는 것은 *Dioscorea rotundata* Poir (white yam), *Dioscorea cayenensis* Lam (yellow yam), 그리고 *Dioscorea alata* L. (water yam)이며 이들 중 총 생산량의 반 이상이 서부아프리카에서 생산된다^{2,4)}. 우리나라와 일본에는 참마(Chinese Yam, *D. batatas* D)와 큰마(*D. rotundata* P, *D. alata* L)등이 야생 또는 재배되고 있다³⁾.

마는 일반성분으로는 수분함량 74%, 총지질 0.92%, 총질소함량 0.40%, 회분 1.25%, 그리고 전분 19.5%를 함유하며⁵⁾, 19.5%의 전분함량은 토란전분 10.32%⁶⁾, 칩전분 16.1%⁷⁾, 그리고 고구마전분 10.6%⁸⁾에 비해 상당히 높은 수치를 나타낸다. 그러므로 주성분은 전분질이고 단백질, 무기질, 비타민 C, 그리고 비타민 B₁ 등의 영양성분을 함유하며 mutin질이 있어서 점성이 높다¹⁾.

일반 용도로는 봄 가을에 덩이 뿌리를 채취하여 굵거나 썰서 먹고 생으로 갈아서 먹기도 하며, 빵 비스킷 과자 등의 각종요리 재료로 쓰이기도 한다⁹⁾. 일본에서는 많이 식용되는 전분성 부식품의 하나로 알려져 있고¹⁰⁾, 미국 등지에서는 참마성분을 이용하여 소화율이 높은 칼로리 공급원 또는 건강식품으로서 어린이나 병약자들을 위한 제빵, 비스킷, 소오스, 수우프등의 원료로 쓰이고 있다¹¹⁾. 우리나라에서는 건강식품으로 생으로 갈아서 이용하거나 또는 한약 재료로 사용되고 있고 그 양은 매년 증가 추세에 있다¹²⁾.

따라서 최근 많은 연구가 보고되고 있으나, 참마 전분에 대한 rheology 특성과 열적 특성의 연구는 미비하므로 본 연구는 참마를 alkali 침지법¹³⁾으로 분리 정제된 후 정제된 전분의 rheology 특성을 검토하기 위해

rheology 특성인 고유점도, pH 및 염 의존성과 열적 특성 등을 연구하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 참마(*Dioscorea batatas*, Yam)는 경동시장에서 구입하여 사용하였다.

2. 전분의 제조

마 전분을 얻기 위해 Yamamoto의 알칼리침지법¹³⁾을 사용하여 제조한 후 풍건하여 100 mesh(0.149 mm)에 통과시켜 전분시료를 얻었다.

3. 시료용액의 조제

마 전분을 1g/dl의 stock solution으로 만들어 사용하였다. 시료에 증류수를 가하여 5분간 헨탁시킨 후 magnetic stirrer hot plate를 이용하여 증탕 중에서 호화를 시켰고 30분간 계속 가열하였다. 가열된 용액을 3분이내에 측정하고자 하는 온도(20~30°C)까지 얼음물로 냉각하여 시료용액으로 사용하였다.

4. 고유점도(Intrinsic Viscosity) 측정

마 전분의 고유점도를 측정하기 위해 Calibrated Cannon Fenske capillary viscometer를 사용하였고 circulating heater가 부착된 항온수조의 온도를 25°C로 유지시키면서 시료를 넣고 10분간 방치후 25°C(±0.1°C)상태에서 측정하였다.

1) 고유점도의 pH 및 염농도 의존성

pH에 따른 고유점도의 변화를 측정하기 위해 pH 2-11의 범위에서 고유점도를 측정하였으며, 염농도 의존성을 관찰하기 위해 0-0.2M NaCl 농도 범위에서 고유점도를 측정하였다. 본 실험에 사용된 마 전분의 농도는 상대점도(relative viscosity)가 1.1-1.5 범위인 0.2-0.7g/dl농도에서 측정되었고 이때의 flowing time은 15~36 sec⁻¹범위였다. 고유점도는 Huggins방정식¹⁴⁾의 외삽법에 의해 산출하였다.

2) Overlap Parameter

임계농도(Overlap Parameter, Characteristic Concentration)는 pH 7에서 고유점도 값의 역수로 하여 그 값을 얻었다.

5. D S C 측정

마 전분의 열적 특성을 알아보기 위해 D S C (Differential Scanning Calorimetry)를 이용하여 측정하였다. 마전분과 증류수를 1:1의 비율로 섞어 현탁액을 만들어 hermetic aluminum pan에 넣고 sample encapsulating press (Du Pont Co.)를 이용하여 밀봉하였다. reference pan에는 sample pan에 들어있는 증류수와 동량의 증류수를 넣어 밀봉하여 사용하였다. 가열속도는 10°C/min, 감도는 16 μ V/cm로 하였고 endothermic peak 면적을 planimeter로 측정하였다.

염의 영향을 보기위해 0.0~0.2M NaCl의 농도 범위에서 측정하였고 pH에 따른 열분석의 변화는 pH 2-11의 범위에서 측정하였다. 시료의 조제는 water/starch (w/s)의 비율을 1:1로 고정하여 증류수 대신 0-0.2M NaCl 염 용액과 pH 2-11 범위의 pH용액에서 enthalpy를 계산하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 마 전분의 고유점도

고유점도($[\eta]$)는 다당류의 용액성질을 밝히는 기본적인 요인으로서 다당류사슬의 입체구조와 관계되는 실험으로 묽은 용액에서 측정되며 단위로는 dl/g, ml/g 등으로 나타낸다. 고유점도는 생물고분자의 형태, 크기와 모양, 분자량, 용매-다당류 상호작용, chain stiffness, overlap parameter에 좋은 지표를 제공하며 묽은 용액에서 개개의 다당류가 차지하는 hydrodynamic volume으로 표현된다¹⁵⁾.

Cannon fenske capillary viscometer를 25°C로 유지시켜 마 전분의 고유점도를 측정했고, pH 2-11 범위의 pH 용액과 0-0.2M NaCl의 염용액을 이용하여 측정 한 고유점도는 0.07-0.29 dl/g와 0.03-0.29 dl/g의 범위였다(Table 1).

1) 고유점도의 pH 의존성

pH 2-11의 범위에서 마 전분의 고유점도를 측정한 결과는 Table 1에 나타났다. pH에 따른 고유점도는 pH 7에서 0.29 dl/g으로 가장 큰 값을 나타냈고 산성과 알칼리성이 강할수록 낮은 값을 나타냈다. pH 2의 강산성일 경우 고유점도가 0.13 dl/g으로 pH 7의 0.29 dl/g보다 많이 감소되었는데 이는 마 전분이 pH 2의 강산에서

Table 1. Intrinsic Viscosity of Yam Starch in Various pH and Salt Solution, at 25°C

pH	[η] (dl/g)
2	0.13
4	0.18
7	0.29
9	0.16
11	0.07

M-NaCl	[η] (dl/g)
0.00	0.29
0.01	0.18
0.03	0.16
0.05	0.03
0.07	0.14
0.10	0.13
0.20	0.12

분해가 일어나 chain의 사슬길이가 짧아짐에 의한 영향이라 추측된다. 또한 pH 11의 강알칼리에서도 강산에 의한 영향과 같은 경향에 의해 고유점도가 0.07 dl/g으로 감소된 것으로 추측되며 마전분은 강알칼리성에서 더 pH 의존성을 나타냈다. 본 실험의 결과는 pH 7일때의 gel 상태에서 사슬들이 질서정연한 구조형태의 single helix를 형성하여 이 single helix가 gel junction zone 으로서 multiple helix를 형성하므로 pH 7에서 고유점도가 높게 나타난다는 보고²⁵⁾와 일치하였다.

2) 고유점도의 염농도 의존성

염으로 NaCl을 사용하여 0.0-0.2M의 범위에서 염농도 의존성을 살펴본 결과가 Table 1에 나타나 있다. 염이 첨가되지 않은 경우 마전분의 고유점도는 0.29 dl/g이었으나, 염을 첨가한 경우, 고유점도값이 감소하여 0.05M NaCl 첨가시는 0.03 dl/g으로 가장 낮은 고유점도를 나타내었고, 그 이후는 약간 증가하였으나 0.07M NaCl 이상의 농도에서는 변화가 거의 없게 나타났다.

0.05M NaCl 농도까지는 전분 분자와 물 상호간의 작용에 의해 전분 분자를 더욱 조밀(compact)하게 함으로써 고유점도가 감소한 것이고, 그 이상의 염농도에서는 반응할 수 있는 과량의 염이온들로 인한 정전기적 반발(electrostatic repulsion)에 의해 전분 분자가 순간 확장(expansion)됨으로써 고유점도가 약간 증가를 보

Table 2. D.S.C. Characteristics of Yam Starch with Various pH Solution (ratio ; 1:1)

pH	D.S.C. Characteristics											
	ΔH_1 Cal/g	T_o °C	T_p °C	T_c °C	ΔH_2 Cal/g	T_o °C	T_p °C	T_c °C	ΔH_3 Cal/g	T_o °C	T_p °C	T_c °C
2	1.207	51.40	57.00	63.00	0.243	70.90	77.41	83.00	2.437	83.30	98.70	111.00
7	2.154	57.40	70.00	82.76	0.139	89.60	94.25	99.80	0.218	107.00	114.00	120.00
9	3.534	50.32	70.60	87.30	0.283	89.80	99.00	103.00	0.898	105.00	117.00	122.00
11	1.617	54.05	74.20	80.60	1.369	82.50	97.80	111.00	17.890	113.00	150.00	174.00

인후 일정 수준을 유지하는 결과로 추측된다.

3) Overlap Parameter

pH 7에서 마 전분의 고유점도는 0.29 dl/g이었다. 임계농도(overlap parameter)는 pH 7에서 고유점도의 역수를 취한 값으로 3.45 g/dl의 농도로 나타났다. 이농도 이상의 농도에서는 마 전분 입자들이 entanglement가 일어나게 된다. 일반적으로 전분 호화액은 전분의 농도에 따라 계의 상태가 달라진다. 즉 희석 호화액(thin paste)에서는 팽창된 입자들이 액으로 둘러싸여 자유롭게 움직이며 분산되어 있는 상태로 그 정도는 분산액의 흐름에 의해서 나타나는 반면, 고농도 호화액(thick paste)에서는 액으로 둘러싸여 있는 대신 팽창된 입자들이 서로 붙어있는 겔(gel) 상태이므로 이 경우는 호화액과 고농도 호화액을 구분짓는 농도가 3.45 g/dl로서 이 농도 이상에서 gel을 형성할 수 있음을 알 수 있었다.

2. 마 전분의 열적 특성

수분과 마전분의 비율(water/sample ratio)을 1/1로 혼합한 액을 20에서 150°C까지 가열하여 얻은 DSC

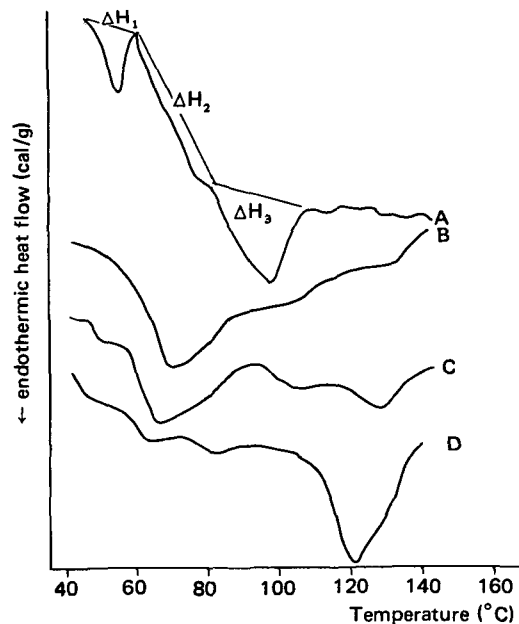


Fig. 1. D S C Characteristics of Yam Starch with Various pH Solution
A: pH 2 B: pH 7
C: pH 9 D: pH 11

thermogram은 Table 2 및 Fig. 1와 같다. 첫번째 endotherm(ΔH_1)은 호화상전이(phase transition)현상을 나타내는 것으로 57.40°C에서 호화가 시작됨을 알 수 있었다. 두번째 endotherm(ΔH_2)은 amylose-lipid complex의 melting을 일으키에 필요한 에너지의 양으로 마 전분에서도 다른 전분들과 마찬가지로 amylose-lipid complex가 미량 존재함을 보여주고 있다. 세번째 endotherm(ΔH_3)에 대하여는 protain과의 complex가 melting 되는 현상이라고 주장한 Wirakartakusumah¹⁷⁾에 의한 보고와 비슷한 양상을 나타내었고 또한 박¹⁸⁾ 등은 세번째 peak가 쌀에 존재하는 starch-protain complex의 melting으로 추측하였으며 마 전분의 열적특성에서도 쌀 전분과 비슷한 양상을 나타냈다.

1) 마 전분의 pH 의존성

증류수와 마 전분의 비율(w/s ratio)은 1/1로 고정하고 증류수 대신 pH 2-11의 용액으로 처리하여 얻은 enthalpy(ΔH_1), 호화개시온도(T_0)와 호화종료온도(T_c)등은 Table 2에 나타냈으며 이들의 endotherm은 Fig. 1에 나타내었다.

첫번째 endotherm에서 pH 2-11에서 enthalpy 값은 각각 1.207, 2.154, 3.534 및 1.617 Cal/g이었다. pH 2와 pH 11의 용액에서 enthalpy 값이 pH 9나 pH 7에서보다 상당히 낮았는데, 이는 강산이나 강알칼리에서 polymer 형태의 전분입자들이 분해되어 oligomer 형태로 변화했기 때문인 것으로 생각된다. 특히 pH 2에서 melting과 관련된 첫번째, 두번째, 그리고 세번째에서의 T_0 , T_p 및 T_c 의 값이 다른 pH 용액보다 각각 낮게 나타났다. pH 9의 경우 enthalpy의 값이 3.534 Cal/g으로 pH 7인 2.154 Cal/g보다 큰 값을 나타낸 것으로 보아 pH 9에서 보다 많은 정도의 호화가 일어났음을 알 수 있었다. 또한 호화개시온도도 pH 7인 경우 57.40°C였고, pH 9가 50.32°C로써 pH 9에서 호화가 빨리 시작되었다. 그러나, 호화최고온도(T_p)는 70.00°C와 70.60°C로써 비슷한 수준을 나타낸 것으로 보아 DSC에 의한 마 전분은 pH 9인 약알칼리성에서 호화가 촉진되었음을 알 수 있었다. 이 값은 알칼리성인 경우에는 전분의 팽윤과 호화가 촉진된다¹⁹⁾는 이론과 일치됨을 나타내고 있다. 두번째 enthalpy(ΔH_2)는 amylose와 lipid와의 complex가 melting되어 일어나는 것으로^{17-18,20)} pH 11에서 다소 큰값을 나타냈다. 또한, 세번째

Table 3. D.S.C. Characteristics of Yam Starch with Various Salt Solution (ratio ; 1:1)

Salt M-NaCl	D.S.C. Characteristics											
	ΔH_1 Cal/g	T_0 °C	T_p °C	T_c °C	ΔH_2 Cal/g	T_0 °C	T_p °C	T_c °C	ΔH_3 Cal/g	T_0 °C	T_p °C	T_c °C
0.00	2.154	57.40	70.00	82.76	0.139	89.60	94.25	99.80	0.218	107.00	114.00	120.00
0.01	2.942	54.79	70.80	88.10	0.487	90.50	98.40	105.00	1.268	105.00	115.00	123.00
0.05	2.572	52.90	69.50	82.80	0.055	84.20	86.60	90.10	2.867	90.50	99.70	118.00
0.10	1.894	62.20	70.80	83.10	0.056	84.40	91.00	94.50	1.244	94.60	121.00	130.00
0.20	1.823	57.13	69.80	75.50	0.616	75.60	83.30	90.90	2.360	91.10	106.00	112.00

제 enthalph(ΔH_3)에서 pH 11의 경우 17.890 Cal/g으로 상당히 큰값을 나타냈는데 이는 마 전분내에 존재하는 소량의 단백질과 미지물질들의 complex가 melting됨과 동시에 앞에서 존재하던 oligomer 들의 melting이 함께 수반되어져서 17.890 Cal/g의 큰 값을 나타낸 것으로 추측된다.

2) 마전분의 염농도 의존성

증류수와 마 전분의 비율(w/s ratio)은 1/1로 고정하고 증류수 대신 0.01-0.20 M NaCl 염을 첨가한 용액의 enthalpy, 호화개시온도와 호화종료온도가 Table 3에 나타나 있다.

첫번째 endotherm에서 NaCl염을 0.01M 및 0.05M 첨가함에 따라 enthalpy가 각각 2.294 Cal/g과 2.572 Cal/g으로, 증류수로 처리한 2.154 Cal/g 경우보다 다소 높았으나, 0.05M 이상의 농도에서는 enthalpy 값이 감소하였다(Fig. 2). 이는 호화에 도움을 주는 농도가

0.05M NaCl 처리시, 전분입자의 팽윤을 도와 호화를 빨리 일으키는 것으로 생각된다. Teico 등²¹⁾에 의하면 마전분의 호화개시온도는 63~64°C였는데, 본 연구에서는 이보다 6 정도 낮은 온도에서 호화가 시작되었다. 그러나, 석 등²²⁾의 Potato Yam 전분의 호화개시온도 73.2°C와는 커다란 차이를 보였고, 현 등²⁰⁾이 보고한 쌀 전분의 호화개시온도 65°C보다는 낮은 온도에서 호화가 시작되었다.

한편, 호화최고온도는 염을 첨가했을 때와 가하지 않았을 때 모두 비슷한 값을 나타낸 것으로 보아 미량의 NaCl염에 의해서 호화는 촉진되지만 최고 온도에는 영향이 없는 것으로 생각된다. 두번째 endotherm은 마 전분내에 존재하는 미량의 지질이 amylose와 결합되어 있다가 melting되는 endotherm으로, melting이 시작되는 온도가 염을 첨가함에 따라 감소한 것으로 나타났으며, 세번째 endotherm에서의 melting 개시온도도 염첨가에 따라 감소하는 추세를 나타냈는데 이는 Donovan과 Micha등²³⁻²⁴⁾이 보고한 것과 같은 경향이었다.

IV. 결 론

마(Yam)를 alkali 침지법으로 처리하여 얻은 마 전분의 rheology 특성과 열적 특성을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

마(Yam)전분의 고유점도는 0.290 dl/g이었다. pH 의존성은 pH 7일때 고유점도가 0.290 dl/g으로 최대값을 나타냈으며, 산성과 알칼리성이 강할수록 낮은 값을 보였는데, 강알칼리성에서 pH 의존성이 더 컸다. 염농도 의존성에서는 염을 가하지 않은 상태에서의 고유점도 값이 0.290 dl/g 이었으나 NaCl 0.05M 농도까지는 감소하였으며 0.07M 농도에서 다시 증가하여 그 이상의 농도에서는 일정한 값을 나타냈다. 임계농도는 고유점도의 역수로서 3.45 g/dl이었으며 이 농도 이상에서는 마 전분의 사슬들이 entanglement가 시작됨을 알 수 있었다. 마 전분의 D S C의 thermogram은 3개의 흡열곡선을 나타냈으며 pH 9의 용액에서 엔탈피가 3.534 Cal/g으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 호화개시온도도 50.32°C로서 가장 낮은 온도에서 호화가 시작되었다. 염을 첨가 하였을때 마 전분의 D S C thermogram은 0.05M NaCl 농도 이상에서 엔탈피가 크게 감소했고, 호화개시온도도 이 농도에서 가장 낮은 값(52.90°C)을

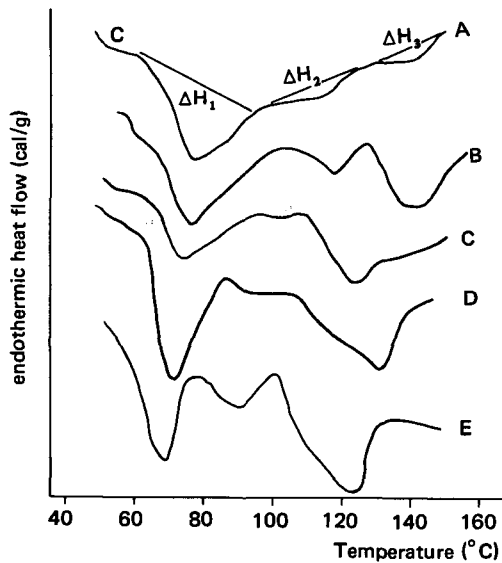


Fig. 2. D S C Characteristics of Yam Starch with Various Salt Solution

A: 0.00 M NaCl B: 0.01 M NaCl
C: 0.05 M NaCl D: 0.10 M NaCl
E: 0.20 M NaCl

0.05M염을 알 수 있었다. 호화개시온도도 0.05M까지는 온도가 낮아졌으나, 그 이후의 농도에서는 증가추세로, 호화가 0.05M 처리시 가장 빨리 일어남으로 보아

나타내었다.

참 고 문 헌

- 1) 김일혁, 약품 식물학 개론, 학창사, 서울, 107-109, 1988
- 2) J.W. Gramshaw, F.A.O. Osinowo, Volatile components of cooked tubers of the water yam (*Dioscorea alata*). *J. Sci. Food. Agric.* 71-80, 1982
- 3) 조재선, 식품 재료학, 도서출판 광장, 서울, 110-111, 1984
- 4) O. Onayemi, R.O. Babalola and A. Badanga, Textural properties of cooked tropical Yam (D.SPP), *J. Texture Studies*, 18:17-29, 1987
- 5) ONAYEMI, Some chemical factors affecting the quality of processed yam, *J. of Food Science*, 51(1): 161-164, 1986
- 6) 정지현, 김관, 노일환, 토란 전분의 이화학적 특성에 관한 연구, 농어촌 개발 연구, 18(1):23-28, 1983
- 7) 김관, 칩 전분의 이화학적 특성에 관한 연구, 전남대학교 논문집, 27, 361, 1982
- 8) 신말식, 안승요, 한국산 고구마 전분의 이화학적 특성에 관한 연구, 한국농화학학회지, 26(2):13, 1983
- 9) A.O. Ketiku, and V.A. Oyenuga, Changes in the carbohydrate constituents of yam tuber (*D. rotundata*, Poir) during growth, *J. Sci. Fd. Agric.* 24:367-373, 1973
- 10) 藤本滋生, 本邦の自生植物とその澱粉 たついで, 日本澱粉科學會誌, 24(4):154, 1977
- 11) C.F. Ciacco, B.L. D'appolonia, Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking, *Cereal Chem.* 54(5):1096-1107, 1977
- 12) 이상인, 본초학, 경희대학교 한의과대학 본초학교실, 수서원, 114-115, 1975
- 13) Yammamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T., *Denpun Kagagn*, 20:99, 1973
- 14) Huggins, M.L., *J. Am. Chem. Soc.* 64:2716, 1942
- 15) Testsuhisa Nakamura, Chain conformation of the extracellular polysaccharide produced by *zoologearamigera*, MIT, 11-13, 1988
- 16) 김영숙, 김주봉, 이신영, 변유량, 쌀 전분 회석 호화액의 유동학적 특성, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 16(1):1984
- 17) Wirakartakusumah, M.A, Kinetics of starch gelatinization and water absorption in rice, Ph. D. Thesis, University of Winsconsin-Madison, 1981
- 18) Park, K.H. and Hyun, C, R., Differential Scanning Calorimetry of rice starch, *Pro L. Int. Conqr. Food. Sci. Technol.* 7th, Singapore, 1988
- 19) 신호선, 이봉래, 최신 식품화학, 신광출판사, 서울, 123, 1987
- 20) 현창기, 박관화, 김영배, 윤인화, 쌀전분의 D.S.C., *K.J. Food. Sci. Technol.* 22(3):331-337, 1988
- 21) Teiko Arai, Nobuhira Nagashima, Shigeru sawayama, Akiko Kawabata, Some rheological properties of starches from yam (*Ichimo*, *Tsukuneimo* and *Nagaimo*) and *Mukago*, 日本家庭學會誌, 42(2):14-149, 1991
- 22) 석호문, 박용곤, 남영중, Potato Yam (*D. bulbifera*) 전분의 이화학적 특성, *Korean J. Food Sci. Technol.* 22(7):753-761, 1990
- 23) Kugimiya, M. and Donovan, D.W., Calorimetric determination of amylose content of starches based on formation and melting of the amylose-Lysolecithin complex, *J. Food. Sci.*, 46:765, 1981
- 24) Micha Peleg, Physical Properties of Foods, Avi Publishing Company, U.S.A., 125-141, 1983
- 25) 김미옥, Barley β Glucan Mixed-linked (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4) β D-Glucan의 리올로지 특성, 경희대학교 일반대학원 석사학위 논문, 1989