

마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 호화특성 변화

최옥자·고무석*·신말식**

순천대학교식품영양학과, *전남대학교 가정교육과

**전남대학교 식품영양학과

Changes in Gelatinization Properties of Potato Starch by Microwave Heating Methods

Ock-Ja Choi, Moo-Seok Koh* and Mal-Shick Shin**

Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon

**Department of Home Economics Education, Chonnam National University, Kwangju*

***Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju*

Abstract

The purpose of this study was to investigate the gelatinization properties of potato starch heated with microwave. Two types of potato starches were prepared; In group A raw potato starch was heated with microwave and in group B potato starch was isolated from potato heated with microwave. Both groups were exposed to the microwave energy in a 560W, 2,450 MHz oven for 60, 120, 180 and 300 seconds. Gelatinization behaviour by DSC made a few differences according to the ratio of starch to water. As the microwave heating time took longer, gelatinization temperature and gelatinization enthalpy(ΔH_1) were decreased in and melting enthalpy(ΔH_2) was increased in group A. Whereas they were increased in group B. In both groups, maximum viscosity in gelatinization by Brabender amylogram was decreased by microwave heating. Then the peak of the maximum viscosity was shifted to higher temperature and cold viscosity was slightly increased. In group A, viscosity in gelatinization and light transmittance by NaOH was increased in initial stage and gel volume in gelatinization by KSCN was decreased. On the other hand, in group B, viscosity by alkali was slightly decreased, but light transmittance by NaOH was almost never changed. Gel volume is decreased like group A.

Key words: microwave heating, potato starch, gelatinization properties

서 론

감자전분은 hilum을 중심으로한 타원형 모양으로 입자의 크기는 15~100 μm 정도로 다른 전분에 비하여 입자가 크고, 호화온도가 낮으며 최고점도가 높다. 전분 입자의 구조는 명확히 밝혀져있지 않았지만, Meyer 등⁽¹⁾은 밀도가 다른부분이 층상으로 구성되어 있으며 입자의 외부는 결정성 부분으로 되어있고, 중심부인 내부는 작은 분자량의 아밀로오스가 배열되어 있다고 하였다. Hizukuri와 Nikuni⁽²⁾는 구상의 둥근 미셀구조를 제안하였고 아밀로오스와 아밀로펙틴이 van der Waals 힘과 수소 결합으로 미셀구조를 형성한다고 하였다. Robin 등⁽³⁾은 cluster 구조에 기초한 감자전분의 아밀로펙틴 모델을 제안하였는데 입자내에서 아밀로오스는 아밀로펙틴 내에 위치하며 아밀로펙틴의 A 체인과 결합하여 미셀을 형

성한다고 하였다. 감자전분의 입자는 하나의 plastid에 하나의 전분입자가 생성되는 단립이며, 아밀로오스, 아밀로펙틴에 미량의 무기질, 단백질, 지질 등이 결합되어 있다. 감자전분 내의 아밀로오스 분자는 70~80°C 의 온도에서 용출되는 저분자와 100°C 열수에서도 용출되기 어려운 고분자가 있으며, 아밀로펙틴은 고분자의 아밀로오스와 결합하고 있다. 또한 전분 중 소량 함유된 지질은 아밀로오스와 inclusion compound를 형성하여 열에 안정한 성질을 나타낸다⁽⁴⁾. 인은 다른 무기질과는 다르게 화학결합을 하여 아밀로펙틴에 주로 존재하고 있으며 glucose-6-phosphate 및 glucose-3-phosphate가 50~80% : 20~50% 비율로 ester 결합을 하여 호화에 영향을 미친다⁽⁵⁾.

전분의 고분자 특성을 이용하는 경우 전분의 성질 중 특히 호화온도, 팽윤력, 호화액의 점도, 안정성 등이 중요시 되는데 이러한 성질은 기본적으로 전분입자의 성질에 크게 영향을 받게 된다^(6,7). 전분입자는 찬물에 용해되지 않고 호화액은 노화에 의하여 시네르시스 현상을 보이는 등의 문제점을 공통적으로 지니고 있다⁽⁸⁾. 이러한

Corresponding author: Ock-Ja Choi, Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon city, Chonnam 540-070, Korea

천연전분의 단점을 보완하고 이용범위와 기능성을 높이기 위하여 많은 연구가 되고있다⁽⁹⁻¹²⁾. 그 중의 하나로 마이크로파 가열은 고주파 전기장 내에 있는 유전체의 쌍극자 배향분극에 의하여 온도가 상승되기 때문에 열전도에 의한 가열과는 다른 결과가 나타난다. 전분은 마이크로파 가열에 의해 전분-지방산 복합체 형성, 겔화촉진, 결합수 등의 변화로 경화현상이 나타나며⁽¹³⁻¹⁵⁾, 시료의 중량, 형상, 크기, 전자레인지 출력 등에 따라 영향을 받으므로⁽¹⁶⁾ 다양한 특성을 지닌 전분을 제조할 수 있다.

따라서 본 실험에서는 제한된 수분함량을 지닌 전분에 마이크로파를 이용하여 가열하였을 때와 호화에 필요한 수분을 가진 감자를 마이크로파로 저온가열하여 전분을 분리한 경우 각 전분의 열호화 특성과 알칼리호화 특성을 각각 비교하여 마이크로파 가열방법에 따른 감자 전분의 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

전보⁽¹⁷⁾의 재료와 동일함

감자전분의 마이크로파 가열방법

전보⁽¹⁷⁾의 시료조제와 동일함

가열에 의한 호화 측정

시차주사열량기에 의한 분석은 Donovan 등⁽⁹⁾의 방법에

따라 DSC(Perkin-Elmer, U.S.A.)를 사용하여 30~150°C 까지 10°C/min 속도로 가열하여 흡열 peak를 얻은 후 호화온도와 호화엔탈피를 구하였다. 광투과도는 Wilson 등⁽¹⁸⁾의 방법에 따라 0.2% 전분현탁액을 40~80°C 범위에서 가열 호화시켜 분광광도계(CECIL, CE 594)를 사용하여 625 nm에서 측정하였다. Amylogram은 Medcalf 와 Gilles⁽¹⁹⁾의 방법에 따라 2% 전분현탁액을 Brabender/visco/Amylograph를 사용하여 가열속도 1.5°C/min, 회전속도 75 rpm의 조건으로 95°C 까지 가열하고 이 온도에서 30분 유지한 다음 1.5°C/min 속도로 50°C 까지 냉각하여 15분 유지한 후 호화개시온도, 최고점도, 냉각 점도 등을 구하였다.

알칼리에 의한 호화 측정

NaOH에 의한 점도변화는 Maher⁽²⁰⁾, 김 등⁽²¹⁾의 방법에 따라서 전분 2.4g을 50 ml의 실린더(내경 28 mm)에 취하고 적당량의 증류수를 넣어 1분간 교반시킨 다음, 1.0 N NaOH 용액을 가하여 최종농도 0.15 N NaOH의 6% 전분용액 40 ml가 되도록하여 30초 동안 교반한 후, Brookfield 점도계(model LVF)를 사용하여 spindle No.4, 12 rpm 조건으로 30분간 점도 변화를 측정하였고, KSCN에 의한 호화는 Lindqvist⁽²²⁾ 방법에 따라 전분 0.3 g을 50 ml 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 가하여 교반한 후 8 M KSCN 용액을 가하여 최종농도가 1.6~4.0 M KSCN 범위의 0.6% 전분용액 50 ml가 되도록하여 25°C에서 24시간 방치후 형성된 gel의 부피를 측정하였다. 알칼리 호화에 의한 광투과도는 Winson 등⁽¹⁸⁾의 방

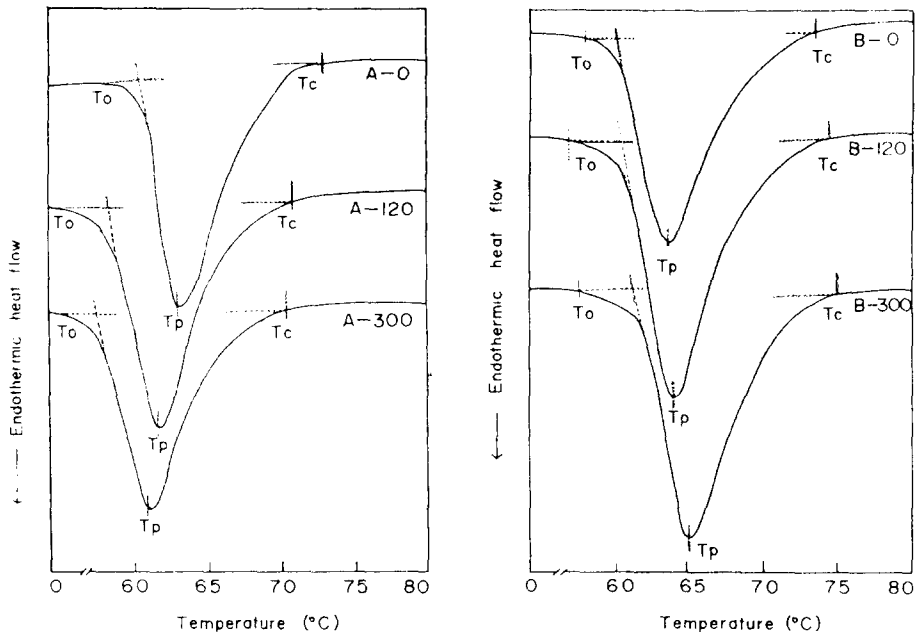


Fig. 1. Differential scanning calorimetry thermograms of potato starches heated with microwave (starch : water = 1 : 2)

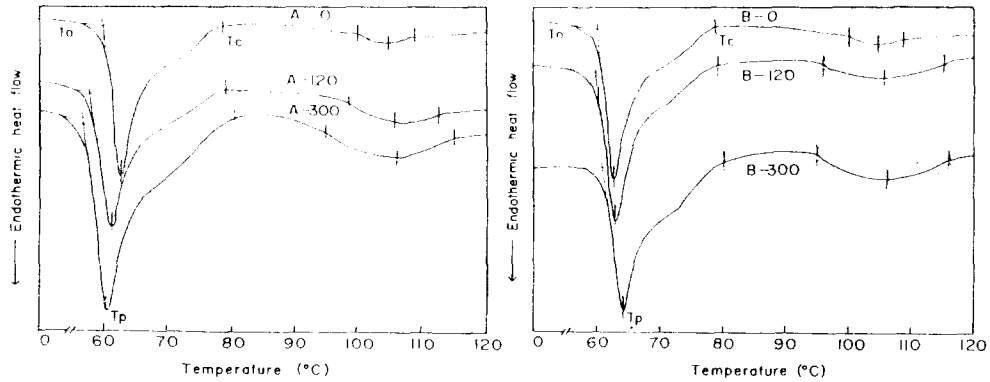


Fig. 2. Differential scanning calorimetry thermograms of potato starches heated with microwave (starch : water = 1 : 1)

법에 따라 전분 0.3g을 300 ml 삼각플라스크에 취하고 적당량의 증류수를 가하여 1분간 교반한 후, 1.0 N NaOH 용액을 가하여 최종농도가 0.11 N NaOH-0.2% 전분용액 150 ml가 되도록한 다음 30초 교반하고, 20°C 에서 30분간 유지하면서 1분 간격으로 3 ml씩 취하여 625 nm에서 투과도를 측정하였다.

결과 및 고찰

가열에 의한 호화

시차주사열량기에 의한 분석 : 마이크로파로 감자전분을 가열한 것(A군)과 마이크로파로 가열된 감자로부터 분리한 전분(B군)의 수분함량에 따른 DSC thermogram은 Fig 1, 2와 같이 전분과 물의 비율이 1 : 2 일때는 단일 peak를, 1 : 1 일때는 2개의 peak를 나타내었으며 호화 endotherm의 폭 넓어지고 shoulder를 보여 Donovan의 결과와 비슷하였다⁽²³⁾. 이로부터 구한 특성치는 Table 1, 2와 같으며, 생전분의 경우 호화개시온도(T_0)와 호화종료온도(T_c)는 각각 60.34°C, 73.85°C로 나타났고 이는 Komiya 등⁽¹⁰⁾이 제시한 61~73°C와 유사하였다. A군의 경우 전분⁽¹⁷⁾에서 보는 바와 같이 적은 수분함량에서 고온(130.0°C)으로 열처리되어, Hagiwara 등⁽¹²⁾에 의한 저수분함량에서의 마이크로파 조사처럼 무정형 부분이 증가되어 상대적으로 호화온도나 엔탈피(ΔH_1)가 낮아진 것으로 생각되며, B군은 수분함량이 많은 상태에서 저온(60.5°C 이하)으로 유지됨으로써 annealing 처리⁽²⁴⁾와 같이 열역학적으로 안정한 구조로 변화되어 각 입자간 불균일성이 감소된 결과, 결정성 부분이 증가되어 호화온도 및 호화엔탈피(ΔH_1)가 증가되었을 것으로 생각된다. Wada 등⁽²⁵⁾은 전분입자의 결정성이 낮으면 호화개시온도는 낮고 호화엔탈피는 작다고 보고하였는데 A군은 B군 보다 결정성이 작다고 할 수 있다.

전분과 물의 비율을 1 : 1로 하였을 때 호화 peak에 shoulder가 나타났으며 1 : 2 비율에 비하여 호화종료온

Table 1. Differential scanning calorimetry thermograms of potato starches heated with microwave (starch : water = 1 : 2)

Sample	Heating time(sec.)	T_0 *** (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH_1 (cal/g)
group A*	0	60.34	63.60	73.85	3.46
	60	60.11	62.35	72.00	3.40
	120	58.47	61.19	71.71	3.33
	180	58.01	61.50	70.78	3.31
	300	57.62	61.03	70.39	3.06
group B**	0	60.34	63.60	73.85	3.46
	60	60.70	63.60	74.14	3.52
	120	60.82	63.89	74.44	3.70
	180	61.25	64.53	74.47	3.75
	300	61.89	65.10	75.04	3.79

* Potato starch heated with microwave after isolation
 ** Potato starch isolated from potato heated with microwave
 *** T_0 : Temperature onset
 T_p : Temperature peak
 T_c : Temperature conclusion
 ΔH_1 : Gelatinization enthalpy

도(T_c)가 크게 상승하여 호화온도 범위가 넓어졌고 ΔH_1 값이 증가 되었다. 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 A군은 호화정점온도가 낮아지고, 호화온도 범위가 넓어져, 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 호화정점온도가 높아지는 B군의 감자전분과는 다른구조로 이루어짐을 알 수 있다. 호화온도는 전분의 구조 이외에 전분에 가한 물의 양, 입자의 크기, 시차주사열량기 가열속도 등에 의해서도 영향을 받는다고 하였다^(26,27). 90~120°C에서 나타나는 두번째 peak는 아밀로오스-지질 복합체의 용융 peak로 생각된다. 아밀로오스는 이 온도 범위에서 지질과 정량적으로 결합하여 용해하므로 이 peak를 이용하여 아밀로오스 함량을 정량할 수 있다⁽²⁸⁾. Table 2에서 보는 바와 같이 처리군에 관계없이 95.4~116.4°C

Table 2. Differential scanning calorimetry thermograms of potato starches heated with microwave
(starch : water = 1 : 1)

Sample	Heating time(sec.)	Peak 1				Peak 2			
		T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH ₁ (cal/g)	T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH ₂ * (cal/g)
group A	0	60.00	62.64	78.72	3.61	100.17	104.13	108.89	0.16
	60	60.09	62.73	79.45	3.62	99.81	106.06	114.03	0.20
	120	58.05	61.14	79.38	3.60	98.19	106.08	113.50	0.26
	180	57.48	60.89	80.52	3.58	95.20	106.60	115.10	0.54
	300	57.57	60.44	80.52	3.57	95.42	106.77	115.10	0.64
group B	0	60.00	62.64	78.72	3.61	100.17	104.13	108.89	0.16
	60	60.19	63.02	79.00	3.75	97.58	104.73	110.09	0.26
	120	60.15	62.91	79.18	3.77	96.79	106.60	115.55	0.52
	180	60.48	63.15	79.72	3.81	95.98	106.72	116.00	0.63
	300	61.41	64.32	80.52	3.87	95.59	106.80	116.36	0.72

*ΔH₂: Melting enthalpy

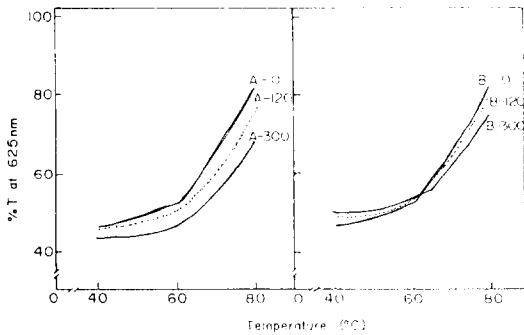


Fig. 3. Changes in transmittance of potato starches heated with microwave at various temperature

사이에서 두번째 peak를 보이며, 마이크로파 가열시간이 길수록 용융온도 범위가 넓어져 300초 가열하였을 때 A군은 T₀와 T_c 값이 100.17~108.89°C에서 95.42~115.10°C로, B군은 95.59~116.36°C로 온도범위가 각각 넓어졌으며, 용융엔탈피(ΔH₂)는 0.16 cal/g에서 A군은 0.64 cal/g, B군은 0.72 cal/g으로 마이크로파 가열에 의하여 용융엔탈피(ΔH₂) 값이 증가되었다. 이러한 현상은 마이크로파를 가열한 전분의 일반성분 중 조지질은 감소하고 결합지질이 증가한 것과, 결합지질이 아밀로오스와 결합됨으로써 요오드반응에 의한 아밀로오스 함량이 감소하는 것⁽¹⁷⁾과 관계있을 것으로 생각된다. 특히 B군이 A군보다 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 결합지질의 증가와 아밀로오스함량 감소의 경향이 컸는데⁽¹⁷⁾ 용융엔탈피(ΔH₂) 값도 크게 나타났다. 그러나 감자전분은 지질의 함량이 낮아 이 peak가 아밀로오스-지질 복합체에 의한 peak인지, 마이크로파 가열에 의한 전분의 변화 때문인지는 확실하지 않다. Higo 등^(29,30)은 전분질 식품에 마이크로파를 가열하면 마이크로파의 유전자열 효과로서 아밀로오스-지질 복합체 함량이 증가한다고 하였고, 이때의 지방질은 산화억제 효과가 높다고 하였다. Kugi-

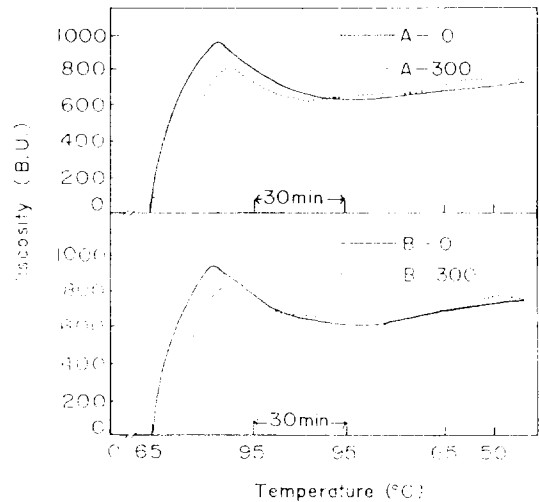


Fig. 4. Brabender amylogram curves of potato starches heated with microwave

miya와 Donovan⁽²⁸⁾은 감자는 지방질 함량이 적기 때문에 아밀로오스-지질 복합체의 thermal transition이 나타나지 않는다고 하였으나, Donovan⁽³¹⁾은 호화시키는데 필요한 수분함량을 변화시키면서 감자전분의 호화양상을 관찰하였는데 glucose 1분자에 결합된 수분이 2분자 이하일 때는 peak가 나타나지 않고, 2~4분자일 경우에는 고온 측에서만 1개의 peak, 4~14분자일 경우에는 2개의 peak, 14분자 이상에서는 저온 측에서만 1개의 peak가 나타난다고 하였다. 또한 저온에서 나타나는 peak는 전분의 호화에 의하여 생긴 흡열과정을 나타내고 비결정부분의 팽윤에 의하여 일어난다고 하였고, 이때 수분함량이 부족하여 호화되지 않고 남아있는 결정이 있으면 고온에서 용해하여 고온 측에 peak가 나타나기 때문에 고온측 peak는 결정부분의 용해에 의해서 나타난다고 하였다.

Table 3. Brabender amylogram curves of potato starches heated with microwave

Sample	Microwave heating time (sec.)	Initial pasting temp. ^a (°C)	Peak viscosity (P) (B.U.)	Temp. at peak height (°C)	Viscosity at 95°C (B.U.)	After 30min height ^b (H) (B.U.)	Height at 50°C (C) (B.U.)	Break down (P-H) (B.U.)	Set back (C-P) (B.U.)
group A	0	66.0	950	85.0	800	610	740	340	-210
	60	66.0	930	86.0	780	640	760	290	-170
	120	65.7	840	86.6	780	640	760	200	-80
	180	65.7	840	87.3	740	630	770	210	-70
	300	65.7	800	88.7	710	620	770	180	-30
group B	0	66.0	950	85.0	800	610	740	340	-210
	60	66.6	940	86.2	770	610	750	330	-190
	120	67.0	940	87.6	750	630	770	310	-170
	180	67.0	890	88.2	750	650	770	240	-120
	300	67.3	850	89.7	740	650	780	200	-70

^a: Temperature at which the initial rise in the curve reached 10 B.U.

^b: Peak height after 30 min holding at 95°C.

광투과도의 변화

0.2%의 전분 현탁액을 40°C 부터 80°C 까지 가열하면서 625 nm에서 광투과도의 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 전분의 광투과도는 온도의 상승에 따라 증가하였고 광투과도로 부터 구한 호화개시온도는 61.0°C 이었으며 석 등⁽³²⁾이 보고한 63.0°C 와 유사하였다.

A군은 300초 가열시 60.0°C 로 나타났고, 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 일정온도에서의 광투과도는 감소하였는데 Hagiwara 등⁽¹²⁾의 보고와 유사하다. B군은 120초 가열하였을 때 호화개시온도는 62.0°C, 300초의 경우 64.0°C 로 호화온도가 상승하였고, 호화온도 이전에는 마이크로파 가열시간이 길수록 일정온도에서 광투과도가 높았으나, 호화온도 이후는 감소하였다. 마이크로파 가열에 따른 A군과 B군의 호화개시온도 변화 경향은 DSC 실험결과(Table 1)와 일치하였다.

Amylograph에 의한 호화

감자전분의 Brabender amylograph에 의한 호화양상은 Fig. 4와 같고 이로부터 구한 아밀로그래프 특성값은 Table 3과 같다. 아밀로그래프에서 나타난 생전분의 호화개시온도는 66.0°C 로 DSC(60.34°C), 광투과도(61.0°C)에서 측정된 온도보다 높은 값을 나타냈다. 호화개시온도는 전분의 종류, 입자의 크기, 측정하는 방법에 따라 차이가 있으나 일반적으로 아밀로그래프에 의한 호화개시온도는 높게 나타나는 경향이다. 호화개시온도는 A군의 경우 생전분에 비하여 거의 차이가 나타나지 않았으나, B군은 마이크로파 가열시간이 길수록 호화개시온도는 상승하여 300초 가열시 67.3°C 로 나타났다. 처리군에 관계없이 마이크로파 가열시간이 길수록 최고점도(P) 및 break-down(P-H)은 감소하였으며 최고점도를 나타내는 온도 및 50.0°C 의 냉각점도는 약간 상승되는 경향을 나타냈으며 이는 Hagiwara 등⁽¹²⁾의 보고와 유사하다. 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 최고점도는 감소하였는데

이것은 아밀로오스-지질 복합체 형성으로 인하여 팽윤이 억제되기 때문이라고 생각되며, 95°C 에서의 열호화액의 점도는 30분 유지하였을 때 생전분보다 점도의 변화가 적어 안정성이 있음을 알 수 있다. 50°C 냉각점도에서 최고점도를 뺀 값인 setback은 전분분자 사이의 수소결합에 의해서 형성된 겔에 의한 것이므로 노화의 경향을 반영하는데, 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 처리군에 관계없이 setback은 증가되었다. Uchijima과 Kurihara⁽³³⁾도 마이크로파 가열에 의해 쌀과 고구마 전분의 노화가 촉진되었다고 하였다.

Brabender hot paste 점도는 전분의 가용성 아밀로오스 함량, 결합된 지질 함량, 입자의 팽윤정도, 팽윤된 입자의 열이나 전단력에 대한 저항정도에 영향을 받게 되는데^(34,35) 마이크로파 가열에 의하여 나타난 위의 결과는 인의 함량감소, 팽윤력의 감소⁽¹⁷⁾, 아밀로오스-지질 복합체(Table 2) 형성 등의 요인에 의한 것으로 생각된다⁽¹⁷⁾. 따라서 감자전분은 마이크로파 가열에 의하여 hot paste 점도의 팽윤성은 낮아지나 안정성은 증가된다고 할 수 있다.

알칼리에 의한 호화

NaOH에 의한 점도의 변화 : NaOH에 의한 감자전분의 점도변화를 측정된 결과는 Fig. 5와 같다.

생전분의 점도는 14×10^3 cP로 A군은 마이크로파 가열시간이 길수록 점도가 높게 나타났으며, 120초 가열한 전분은 최고점도에 도달한 후 점도가 급속히 감소하였고, 300초 가열하였을 때는 초기 점도가 크게 상승하여 점차 감소되는 특징을 나타냈다. 서⁽³⁶⁾는 옥수수 전분을 130~220°C 까지 건열처리 하였을 때 열처리 온도가 높을수록 알칼리에 의한 점도가 상승되었다고 하였다. B군은 가열시간이 길수록 점도가 낮게 나타났으나 시료간의 차이는 적었다. 따라서 A군이 B군 보다 NaOH에 대한 저항력이 낮다고 할 수 있다. NaOH에 의한 점도의 변

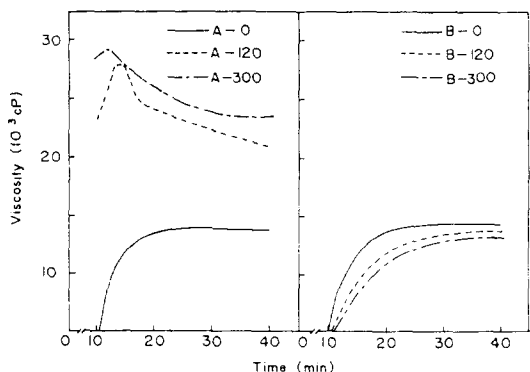


Fig. 5. Changes in viscosity of potato starches heated with microwave at 0.15 N sodium hydroxide

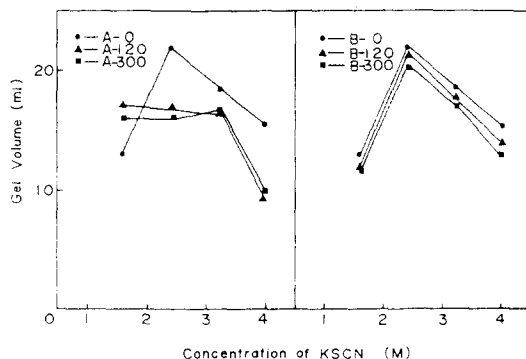


Fig. 6. Changes in gel volume of potato starches heated with microwave at various KSCN concentrations

화는 가열에 의한 점도 변화와는 다른 결과를 나타냈는데, Maher⁽²⁰⁾는 보리, 감자, 옥수수 및 밀전분의 복굴절이 소실되는 온도에서의 호화정도와 알칼리에 의한 호화정도와는 일치하지 않는다고 하였다. Sato 등⁽³⁷⁾은 전분의 호화에 필요한 알칼리의 농도는 전분에 따라 독특한 값을 갖는다고 하였다.

KSCN에 의한 호화

전분을 KSCN에 의하여 호화시킨 후 형성된 겔 부피를 측정한 결과는 Fig. 6과 같다.

KSCN 농도에 따른 생전분의 gel 부피는 2.4 M 농도에서 최고 값을 보였고 그 이상의 농도에서는 gel의 부피가 감소 하였는데 Lindqvist⁽²²⁾는 3.2 M 농도에서 gel 부피가 가장 높았고 그 이상의 농도에서는 감소하였다고 하였다. Lindqvist⁽²²⁾는 KSCN에 의한 전분의 gel화 현상은 아밀로오스가 전분분자 밖으로 용출되어 일어나고 아밀로펙틴도 전분의 gel 형성에 관여 한다고 보고하였는데, 마이크로파 가열에 의하여 A군, B군 모두 gel의 부피가 감소되는 것은 마이크로파 가열시 형성된 아밀로오스-지질 복합체에 의하여 아밀로오스 용출이 억제되기 때문이라고 생각된다. KSCN 농도에 따른 겔의 부피는 생전분과 감자에 마이크로파를 가열한 후에 분리한 전분인 B군에서는 같은 경향을 보였으나, 전분에 마이크로파를 가열한 전분인 A군의 경우에는 다른 경향을 보였다. 즉 A군의 경우 120초, 300초 마이크로파를 가열하였을 때 3.2 M 농도까지 gel 부피는 거의 변화하지 않았고, 4.0 M의 농도에서 급격히 감소하였으며 생전분에 비하여 1.6 M 이위의 농도에서는 gel의 부피가 감소하였다. B군의 경우 gel의 부피는 KSCN의 일정 농도에서 생전분과 동일한 변화양상을 나타냈고, 마이크로파 가열 시간이 길수록 gel의 부피는 감소하였으나 시료간의 차이는 적었다.

광투과도에 의한 변화

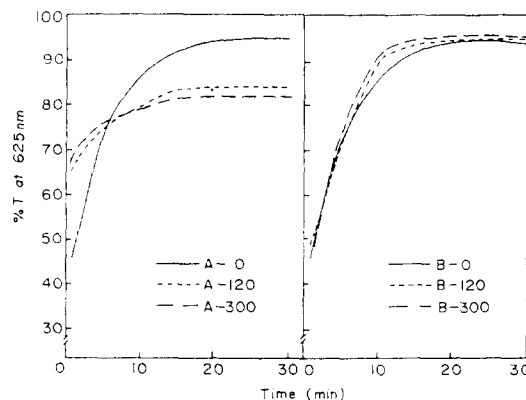


Fig. 7 Changes in transmittance of potato starches heated with microwave at 0.11 N sodium hydroxide

0.2% 감자전분의 알칼리 용액에서의 시간에 따른 광투과도의 변화는 Fig. 7과 같다.

0.11 N NaOH 농도에서 생전분의 광투과도는 20분까지 계속 증가하다가 그 이후는 거의 평형에 도달하였다. 마이크로파 가열방법에 따라 시간에 따른 광투과도의 변화양상은 차이가 나서, A군은 초기 광투과도가 높았고 그 이후 증가폭이 적었으나, B군은 전체적인 변화양상이 생전분과 비슷하였다. A군은 마이크로파 가열시간이 길수록 평형에 도달하는 시간이 120초 가열시 12분, 300초 가열시 10분으로 빨라졌다. 6분 까지는 마이크로파 가열 시간이 길수록 높은 광투과도를 보였으나, 그 이후는 상반되는 경향을 보였다. B군은 10분 경과하였을 때 마이크로파 가열시간이 길수록 생전분 보다 광투과도가 약간 높았으나 그 이후는 거의 차이를 나타내지 않았다.

전분의 알칼리에 의한 호화는 전분의 성분, 분자 및 입자의 구조 등에 영향을 받는다고 알려져 있는데^(20,21) 마이크로파 가열방법에 따라 전분의 성분 및 구조의 변화가 다르게 일어났다고 생각된다. 이러한 변화는

시료의 수분함량과 마이크로파 가열조건에 따라 달라질 수 있으며 알칼리 호화를 통하여 전분의 구조변화를 예측할 수 있는 연구들이 필요하다고 생각된다.

결 론

마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 호화특성을 검토한 결과는 다음과 같다. 감자전분의 DSC에 의한 호화양상은 전분과 물의 비율에 따라서 차이가 있었고, 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 가열방법에 따른 차이가 나서 마이크로파를 전분에 직접 가열한 A군의 경우 호화온도, 호화엔탈피(ΔH_1)는 감소하였으나, 아밀로오스-지질 복합체를 나타내는 용융엔탈피(ΔH_2)는 증가하였고, 감자에 마이크로파를 가열한 후 분리한 전분인 B군은 호화온도, 호화엔탈피(ΔH_1) 및 용융엔탈피(ΔH_2)가 증가하였다. 광투과도에 의해 측정된 전분의 호화온도는 61.0°C 이었으며 A군은 마이크로파 가열시간이 길수록 호화온도는 낮아졌으며, B군은 호화온도가 상승하였다. 아밀로그래프에 의한 호화양상은 마이크로파 가열에 의하여 최고점도가 감소하였고 최고점도를 나타내는 peak는 고온 측으로 이동하였으며 냉각점도는 약간 상승하였는데 마이크로파 가열방법에 의한 차이는 거의 없었다. 전분의 알칼리에 의한 호화양상은 A군의 경우 마이크로파 가열시간이 경과할수록 NaOH에 의한 점도는 상승하였고, KSCN에 의한 gel의 부피는 감소하였으며, 광투과도는 초기단계에서는 증가하였으나 그 이후는 상반되는 경향이었다. B군의 경우 NaOH에 의한 점도는 약간 감소하였고, KSCN에 의한 gel의 부피는 감소하였으며 광투과도의 변화는 거의 없었다.

문 헌

- Meyer, K.H., Bernfeld, P., Boissonnas, R.A., Gurtler, P. and Noelting, G.: Starch solutions and pastes and their molecular interpretation. *J. Physical Colloid Chem.*, **53**, 100(1949)
- Hizukuri, S. and Nikuni, Z.: Micelle dimension of potato starch. *Nature*, **180**, 436(1957)
- Robin, J.P., Mercier, C., Charbonniere, R. and Guilbot, A.: Lintnerized starches; Gel filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. *Cereal Chem.*, **51**, 389 (1974)
- 二國二郎: 澱粉科學 핸드ブック, 朝倉書店, p.38(1977)
- Tabata, S. and Hizukuri, S.: Phosphorus in starch. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **22**, 27(1975)
- 貝沼圭二: 澱粉의 利用工業, In "澱粉科學 핸드ブック", 二國二郎 監修, 中村道徳, 鈴木繁男 編集, 朝倉書店, p.413(1977)
- 구천서: 전분당 공업에 관한 조사연구. 단국대학교 부설 식량개발 연구소, p.93(1985)
- Moss, G.E.: The microscopy of starch. In *Examination and Analysis of Starch and Starch Products*, ed by Radley, G.A., Applied Science publisher Ltd., London, p.1 (1982)
- Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, **60**, 381(1983)
- Komiya, T., Nara, S. and Tsu, M.: Changes in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Starch*, **38**, 9(1986)
- Kuge, T., Kitamura, S. and Shiotsubo, T.: Differential scanning calorimetric study of the gelatinization of warm water treated potato starch. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **32**, 61(1985)
- Hagiwara, S., Esaki, K., Nishiyama, K., Kitamura, S. and Kuge, T.: Effect of microwave irradiation on potato starch granules. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **33**, 1 (1986)
- Higo, A., Shimazaki, M. and Noguchi, S.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 6) Formation of starch-fatty acid methyl ester complexes. *J. Home Econom. Jpn.*, **33**, 297(1982)
- Higo, A., Noguchi, S., Nakazawa, F. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 8) Effect of starch-gel formation on bread-hardening. *J. Home Econom. Jpn.*, **34**, 83(1983)
- Higo, A., Shimazaki, M., Noguchi, S. and Nakawaza, F.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 10) Changes in bound water content of breads accompanied with hardening. *J. Home Econom. Jpn.*, **34**, 474(1983)
- Akinaga, Y., Kasai, M., Hatae, K. and Shimada, A.: Effect of cooking condition on softening of potatoes in microwave cooking. *J. Home Econom. Jpn.*, **37**, 955 (1986)
- 최옥자, 고무석: 마이크로파 가열방법에 따른 감자전분의 이화학적 특성변화. 한국식품과학회지, **25**, 461(1993)
- 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(1978)
- Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Effects of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starch. *Starch*, **18**, 101(1966)
- Maher, G.G.: Alkali gelatinization of starches. *Starch*, **35**, 226(1983)
- 김성곤, 정혜민, 조만희: 쌀, 옥수수, 취 및 생강전분의 알칼리 호화. 한국농화학회지, **27**, 214(1984)
- Lindqvist, I.: Cold gelatinization of starch. *Starch*, **31**, 195(1979)
- Donovan, J.W.: Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers*, **18**, 263(1979)
- Seow, C.C. and Tco, C.H.: Annealing of granular starches-Interpretation of the effect on phase transitions associated with gelatinization. *Starch*, **45**, 345(1993)
- Wada, K., Takahashi, K., Shirai, K. and Kawamura, A.: DTA applied to examining gelatinization of starches in foods. *J. Food Sci.*, **44**, 1366(1979)
- Ishida, N., Kobayashi, T. and Kainuma, K.: Studies on the physical state of water in starch gel. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **35**, 98(1988)
- Kuge, T. and Kitamura, S.: Annealing of starch gran-

- ules; warm water treatment and heat-moisture treatment. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **32**, 65(1985)
28. Kugimiya, M. and Donovan, J.W.: Calorimetric determination of the amylose content of starches based on formation and melting of the amylose-lysolecithin complex. *J. Food Sci.*, **46**, 765(1981)
 29. Higo, A., Okubo, M. and Shimazaki, M.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation (part 4) Decrease of lipid extractability caused by irradiation and its effects on food texture. *J. Home Econom. Jpn.*, **33**, 173(1982)
 30. Higo, A., Shimazaki, M. and Noguchi, S.: Hardening of food texture induced by microwave irradiation (part 6) Formation of starch-fatty acid methyl ester complexes. *J. Home Econom. Jpn.*, **33**, 297(1982)
 31. Donovan, J.W.: 덴ンプンの糊化. In 食品成分の相互作用, 竝木滿夫, 松下雪郎 編, 講談社, p.65(1981)
 32. 석호문, 박용곤, 남영중, 민병용: 품종별 감자전분의 이화학적 특성. *한국농화학회지*, **30**, 133(1987)
 33. Uchijima, Y. and Kurihara, Y.: The retrogradation of starch of electronic range heated food. *J. Home Econom. Jpn.*, **28**, 95(1977)
 34. Leelavathi, K., Mysore, D.I. and Ludhiana, J.S.S.: Amylograph pasting behaviour of cereal and tuber starches. *Starch*, **39**, 378(1987)
 35. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Microscopic examination of modified starches. *Anal Chem.*, **28**, 382(1956)
 36. 서정식: 열처리와 옥수수 전분의 이화학적 성질에 미치는 영향. 효성여자대학교 가정학과, 박사학위 논문(1989)
 37. Sato, S., Oka, S. and Shigeta, S.: Pasting behaviour of starches from different origin in sodium hydroxide solution. *Agr. Biol. Chem.*, **33**, 12134(1969)
-
- (1994년 7월 6일 접수)