

수분-열처리에 따른 쌀 전분의 호화특성

김 수 경 · 신 말 식

전남대학교 가정대학 식품영양학과

Gelatinization Properties of Rice Starch by Heat-Moisture Treatment

Soo Kyung Kim and Mal Shick Shin

Dept. of Food & Nutrition, Chonnam National University

Abstract

Rice and waxy rice starches were adjusted to 27% of moisture and heated at 100°C for 16 hours, respectively. After the treatment, their gelatinization properties were investigated.

The initial gelatinization temperature, obtained by transmittance and amylogram, of Akkibare and Taebaek starches were 60~65°C but those of waxy rice and the U.S.A. rice starches were 55~60°C and 70~75°C, respectively. The gelatinization temperatures of heat-moisture treated starches were higher than those of the untreated starches. Viscosities at each temperature and the highest viscosity reduced by some degrees after the treatment.

DSC thermograms of all starches showed single endotherm and the gelatinization enthalpies were 2.26~2.63 cal/g. The gelatinization enthalpy tended to decrease after the treatment.

Transmittance and viscosity by alkali showed in this order; Akkibare and Taebaek starches > waxy starch > the U.S.A. rice starch. The heat-moisture treated starches increased viscosities in every starch. Transmittance in alkali solution of Akkibare, Taebaek and waxy rice starches decreased, but that of the U.S.A. rice starch increased.

I. 서 론

전분은 제한된 수분하에서 가열처리하면 전분의 성질이 현저히 변화되며^{1~6)}. 이런 수분-열처리 전분은 생전분보다 높은 호화온도를 가지며 물결합 능력도 증가된다. 그러나 팽화력 및 amylograph에 의한 점도는 감소

되며 paste의 안정도는 증가된다. 수분-열처리에 따른 전분의성질은 전분의 종류에 따라 달라지며 팽화력은 수분-열처리한 쌀⁷⁾, 쌀보리⁸⁾, 밀등²⁾의 곡류전분과 칩⁹⁾, 감자¹⁰⁾, 고구마등¹¹⁾의 지하전분 및 밤전분¹²⁾에서 모두 감소하였고 호화온도는 증가하였다. 곡류전분의 용해도는 증가하였으나 지하전분과 밤전분은 감소하였으며 물결합능력은 찹쌀전분을 제외하고는 모두 증가하였다.

또한 X-선 회절양상에 의한 곡류전분의 결정형은 A형을 그대로 유지하였으나 감자전분은 B형에서 A형으로 취파 고구마전분은 C형에서 A형으로 바뀐다고 하였다. Donovan등¹³⁾은 수분-열처리한 밀과 감자전분의 호화양상을 DSC로 조사하여 호화온도 범위가 넓어지고 endothermal transition이 높은 온도로 이동되며 endotherm이 biphasic으로 됨을 보고하였다. 김동¹⁰⁾은 수분-열처리시 감자, 고구마전분의 amylograph 점도가 크게 감소하였으며 최고점도는 없었으나 호화에 필요한 알칼리농도는 증가하였다고 하였다.

쌀전분에 관한 연구로는 이화학적 특성^{14~16)}, 호화액의 레올로지 성질^{17,18)}, 호화특성^{19~21)}, 분자구조적 특성 등²⁹⁾이 있으나 물리화학적으로 변형된 쌀전분에 관하여는 산처리에 관한 연구²²⁾가 있을 뿐이다.

그러므로 본 연구에서는 쌀전분의 식품가공에서의 이용가능성을 높이기 위해 수분-열처리한 여러종류의 멥쌀전분과 찹쌀전분의 호화특성을 조사 비교하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 재 료

시료는 멥쌀로서 1987년 수확한 일반계의 아끼바레와 다수계의 태백벼를 수원 농촌진흥청에서 구하였으며 인디카형의 미국쌀은 보스톤의 슈퍼마켓에서, 찹쌀은 광주시중에서 구입하였다.

2. 전분의 제조

전분은 알칼리 침지법²⁴⁾을 이용하여 분리하였다. 즉, 쌀에 0.2% NaOH용액을 가하고 Waring blender로 2~3분간 마쇄한 후 100과 270 mesh체에 차례로 통과시킨 후 얻은 침전물을 뷰렛반응이 나타나지 않을때까지 0.2% NaOH 용액으로 처리하고 증류수로 중성이 될때까지 씻어 정제전분을 얻었다. 전분은 실온에서 2일간 건조한 후 100 mesh체에 통과시켰다.

3. 전분의 수분-열처리

Sair¹¹⁾법에 의하여 각 전분의 수분함량을 27%로 조절한 다음 100°C 오븐에서 16시간 가열한 후 실온에서 풍건하여 100 mesh체에 통과시켜 사용하였다.

4. 가열에 의한 호화

광투과도 : 0.1% 쌀전분 현탁액의 광투과도는 50~95°C까지 각 온도에서 5분간 가온한후 분광광도계(Shimadzu, UV-120 UV-spectrometer)을 사용하여 625 nm에서 측정하였다²⁵⁾.

Amylograph : amylograph에 의한 호화양상은 Brabender/Visco/Amylograph를 사용하여 Medcalf와 Gilles²⁶⁾의 방법에 따라 전분농도를 건물중 8%로 하고 최고온도 92.5°C에서 15분간 유지하며 측정하였다.

DSC(Differential Scanning Calorimetry): 시료 전분에 대한 DSC (Perkin-Elmer, DSC-2, U.S.A.) 분석은 Donovan등¹³⁾의 방법에 따라 50°C vacuum oven에서 1일간 건조한 각 전분 10 mg을 stainless steel로 된 large volume capsule (LVC)에 취하고 water:starch 비가 1:1로 되게하여 1일간 방치하였다. 시료는 27°C에서 137°C까지 10°C/min로 가열하였으며 reference로는 empty pan을 사용하였다. calibrate는 naphthalene (353.7°K)을 사용하였다.

5. 알칼리에 의한 호화

점도의 변화 : Masher²⁷⁾와 김동¹⁹⁾의 방법에 따라 전분 3g(건량기준)을 50 ml 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 넣어 1분간 교반시킨다음, 1.0N NaOH 용액을 가하여 최종농도 0.17N NaOH의 7.5% 전분용액 40 ml가 되도록하여 30초동안 교반한후 Brookfield 점도계(model LVF)를 사용하여 spindle No. 4, 회전속도 12 rpm으로 30분간 점도변화를 측정하였다.

광투과도변화 : 광투과도는 Wilson등²⁵⁾의 방법에 따라 전분 0.3g(건량기준)을 300 ml삼각플라스크에 취하고 적당량의 증류수를 가하여 1분간 교반한후 1.0N NaOH 용액을 가하여 최종농도가 0.16N NaOH농도의 0.2% 전분용액 150 ml가 되도록 한 다음 30초간 교반하고 20°C에서 30분간 유지하면서 1분간격으로 3ml씩 취하여 분광광도계를 사용하여 625 nm에서 광투과도의 변화를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 광투과도

0.1% 전분현탁액의 온도에 따른 광투과도는 그림 1

과 같다. 광투과도는 온도가 상승하면 증가하였는데 아끼바레, 태백의 생전분은 60~65°C에서 장립종인 미국쌀의 생전분은 70~75°C에서 증가하였고 찹쌀 생전분은 55~60°C에서 급격히 증가하였으며 찹쌀 전분의 경우 그 증가폭이 가장 컸다. 이것으로 찹쌀전분이 멍쌀전분보

다 호화가 빨리 시작하여 완료됨을 알 수 있었다.

수분-열처리한 전분도 생전분과 같이 호화온도이후에는 온도에 따라 광투과도가 증가하였으며 호화온도는 생전분보다 약 5°C정도 상승하였다. 이와같은 경향은 밀²⁾, 보리⁸⁾, 감자¹⁰⁾, 칩⁹⁾ 및 밤전분에서도 나타났으며 이는 수분-열처리중에 전분의 micelle 구조의 변화에 기인된다고 생각된다.

호화온도 이하에서의 광투과도는 생전분에서는 모두 5%정도의 증가를 보였으나 수분-열처리후에는 멍쌀전분이 20~25%로 약 4배 이상 증가하였으나 찹쌀전분은 변화가 없었다. 이는 수분-열처리에 의하여 전분입자 구조의 변화가 있으며 아밀로오스나 아밀로펙틴의 조성관련이 있을 것으로 생각된다.

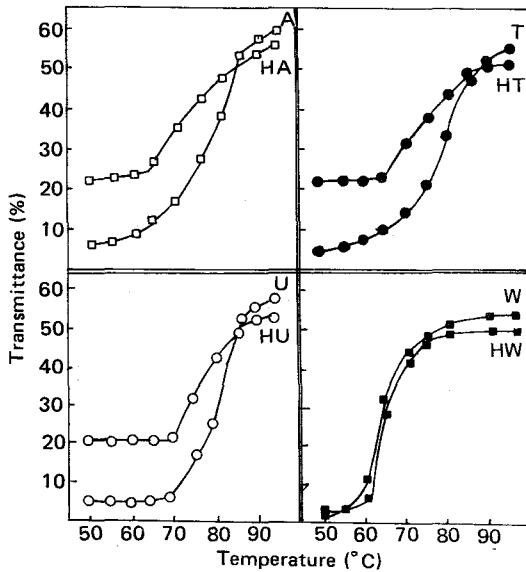


Fig. 1. Changes in transmittance of 0.1% rice starch suspension.

A : Akkibare HA : 27% heat-treated Akkibare
 T : Taebaek HT : 27% heat-treated Taebaek U :
 U.S.A. rice HU : 27% heat-treated U.S.A. rice
 W : Waxy rice starch HW : 27% heat-treated Waxy rice starch.

2. Amylograph에 의한 호화양상

각종 쌀전분의 amylogram으로부터 구한 amylogram의 특성치는 <표 1>과 같다. 초기 호화온도는 찹쌀전분이 63.5°C이며 미국쌀전분이 77°C로 가장 높았으며 광투과도에 의한 호화온도와 비슷한 경향을 보였다. 최고점도(P)는 태백전분이 가장 높았고 미국쌀전분이 가장 낮았다. 호화중 전분의 열 또는 전단력에 대한 저항을 나타내는 breakdown(P-H)도 최고점도와 같은 경향으로 미국쌀전분이 가장 낮게 나타났다. Julianio²⁸⁾는 breakdown은 아밀로오스 함량과 음의 상관을 보인다고 하였는데, 미국쌀전분의 아밀로오스 함량이 가장 높아 비슷한 경향을 보이거나 찹쌀전분의 양상과는 달랐다. 50°C의 냉각점도의 증가와 consistency (C-H), setback

Table 1. Characteristic values for rice starches by amylograph

Variety	Initial pasting temp (°C)	Peak height ; (B.U.); P	Height at 95°C-15min (B.U.); H	Height at 50°C (B.U.); C	Breakdown ; P-H	Consistency ; C-H	Setback ; C-P
Akkibare	65.0	800	360	540	440	180	-260
27% HMT*	70.5	780	320	540	460	220	-240
Taebaek	66.0	1280	400	590	880	190	-690
27% HMT*	71.0	1200	410	530	790	120	-670
U.S.A. rice	77.0	560	390	570	170	180	10
27% HMT*	79.5	540	340	560	200	220	20
Waxy rice starch	63.5	900	410	460	490	50	-440
27% HMT*	66.0	890	380	420	510	40	-470

27% HMT* : 27% heat-moisture treatment

(C-P)은 전분의 노화정도를 나타내어 값이 클수록 노화가 쉽게 일어난다고 했다²⁹⁾. 즉, 가용성 아밀로오스 분자가 무질서하게 배열되었다가 재배열이 되어 용해도가 낮은 회합체를 형성하여 gel을 이룬다고 한다. 50°C의 냉각점도의 증가와 consistency, set back의 결과를 통해 찹쌀전분은 노화가 더디게 일어나며 미국쌀전분이 가장 빨리 일어날 것으로 생각된다. 멥쌀전분 중에는 장립종이 증립종이나 단립종의 전분보다 노화가 쉽게 일어날 것이라는 보고²⁹⁾와 일치하였다.

수분-열처리하면 쌀전분의 호화온도는 처리하지 않은 경우보다 3~5°C씩 높아졌으며 각 온도에서의 점도와 최고점도는 모두 감소하였다(표 1). 수분-열처리에 따라 점도가 감소하는 현상은 밤 전분¹²⁾, 보리 전분⁸⁾, 칩 전분⁹⁾ 등에서도 보고되었다.

3. DSC에 의한 호화양상

시료 전분들을 가열하여 얻은 DSC thermogram을 <그림 2>와 <표 2>에 나타내었다. 각 시료들은 모두 single endotherm을 보였으며 초기 호화온도는 찹쌀전분이 57.0°C로 가장 낮았고 미국쌀전분이 72.9°C로 가장 높았다. 이는 amylogram에 의해 구한 호화온도와 약간의 차이를 보이거나 비슷한 경향이였다. DSC에 의한 endothermal transition 온도(T_o , T_p)는 호화온도와 매우 높은 상관관을 보이는 것으로 알려져 있다³⁰⁾. 품종별 쌀전분의 호화엔탈피는 2.26~2.63 cal/g의 범위였으며

찹쌀전분이 가장 높은 호화엔탈피를 보였다. Wada등³¹⁾은 전분 입자의 결정성이 낮으면 호화개시 온도도 낮고 호화열도 작다고 보고하였다. 쌀전분을 수분-열처리하면 호화온도는 약간 높아졌으며 호화엔탈피는 2.06~2.74 cal/g으로 감소하였다(그림 3, 표 2). 그러나 태백전분은 수분-열처리시 호화엔탈피가 약간 증가하는 경향이였다. 이는 품종에 따라 수분-열처리시 여러 가지 요인에 의해 micelle 구조가 달라져 결정성 부분이 변했기 때문이라 생각된다. Donovan등¹³⁾은 수분-열처리한(24%) 밀 및 감자전분은 endothermal transition

Table 2. Differential scanning calorimetry thermograms of rice starches (starch : water = 1 : 1)

Variety	To	Tm	ΔH (cal/g)
Akkibare.	57.3	64.3	2.26
27% HMT*	62.2	70.1	2.06
Taebaek	63.8	67.0	2.42
27% HMT*	76.3	82.1	2.74
U.S.A. rice	72.9	77.5	2.44
27% HMT*	77.5	87.4	2.22
Waxy rice starch	57.1	64.3	2.63
27% HMT*	63.7	78.8	2.42

To ; onset temperature
 Tm ; peak temperature
 27% HMT* ; 27% heat-moisture treatment

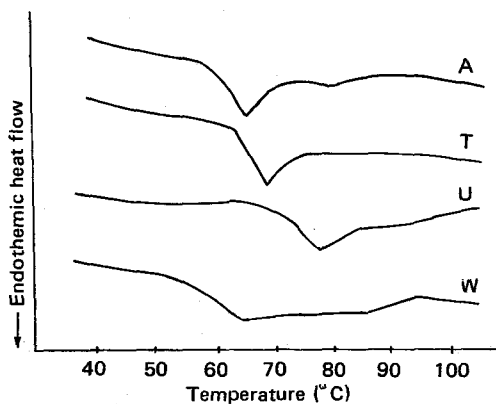


Fig. 2. Differential scanning calorimetry thermograms of rice starches.
 A : Akkibare T : Taebaek U : U.S.A. rice
 W : Waxy rice starch.

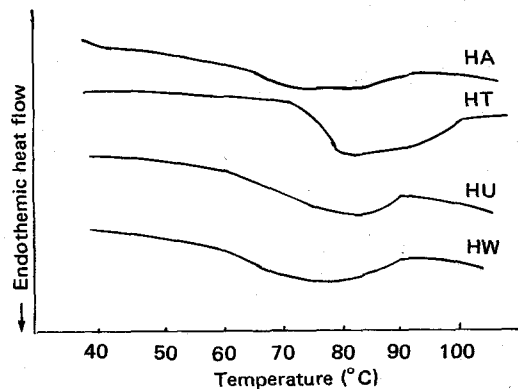


Fig. 3. Differential scanning calorimetry thermograms of heat-treated rice starches.
 HA : 27% heat-treated Akkibare HT : 27% heat-treated Taebaek HU : 27% heat-treated U.S.A. rice HW : 27% heat-treated Waxy rice starch.

이 생전분에 비하여 고온으로 이동되며 biphasic endotherm을 보여 두가지 구조가 존재함을 보여주었다.

4. 알칼리에 의한 점도변화

7.5% 쌀전분의 현탁액을 0.17N NaOH 용액으로 실온에서 30분간 알칼리호화 시키면서 점도의 변화를 측정 한 결과는 <그림 4>와 같다.

태백과 아끼바레 전분은 시간이 지남에 따라 점도가 증가하여 15~18분 후에는 거의 일정한 점도 20.8×10^3 cP를 나타내었고 참쌀전분은 초기 점도증가가 빨랐으며 10분후에 15.0×10^3 cP에 도달하여 그 점도가 유지되었다. 그러나 미국쌀전분은 시간에 따른 점도의 증가가 거의 없었으며 25분이 지난후에야 6.7×10^3 cP에 도달하였다.

수분-열처리한 전분의 경우도 생전분과 비슷한 양상을 보여 미국쌀전분을 제외하고는 일정시간까지 급한 점도의 증가를 보였다가 그 후 일정하게 유지되었다. 그러나 일정시간에 보여준 점도는 생전분보다 높은 값을 나타냈다. 알칼리 호화에 의한 수분-열처리 전분의 점도 증가는 모든 쌀전분에서 보여주었으며 amylograph에 의한 열호화의 점도 감소와는 다른 양상을 보여주었다. 이는 수분-열처리 과정이 전분입자의 구조변화를 주어 알칼리와 열에 다른 호화과정을 나타내는 것이라 생각된

다. 참쌀전분은 수분-열처리에 관계없이 점도 증가율이 가장 컸다.

수분-열처리한 아끼바레, 태백전분은 23.9×10^3 cP ~ 22.3×10^3 cP를 나타내었고 미국쌀전분은 30분까지 계속 점도가 증가하여 30분후에는 9.8×10^3 cP를 보였다. Sato등³²⁾은 전분의 호화에 필요한 알칼리농도는 전분에 따라 독특한 값을 갖는다고 하였다.

5. 알칼리에 의한 광투과도 변화

알칼리 호화에 의한 0.2% 쌀전분 현탁액의 시간에 따른 광투과도의 변화는 <그림 5>와 같다. 알칼리에 의해 전분현탁액의 광투과도는 급격히 증가한 후 일정하게 유지되었고 미국쌀전분은 다른 전분들과 달리 30분까지 계속 증가하였다. 0.16N NaOH 농도에서는 생전분의 경우 태백, 아끼바레전분은 10~12분 이후 거의 평형에 도달하였고 참쌀전분은 30분이후에도 낮은 광투과도를 보였다. 태백, 아끼바레, 참쌀전분은 알칼리에 의해 쉽게 호화되며 미국쌀전분은 호화에 큰 저항을 보이고 있다.

수분-열처리하면 열호화양상과 마찬가지로 전분의 광투과도는 감소하였고 평형에 도달하는 시간도 느렸다. 미국쌀전분은 20분후에 평형에 도달하여 호화된을 보였으나 다른 전분들보다 시간이 느렸다. 알칼리 호화에 점도변화와 광투과도의 변화는 거의 같은 경향으로 아끼바

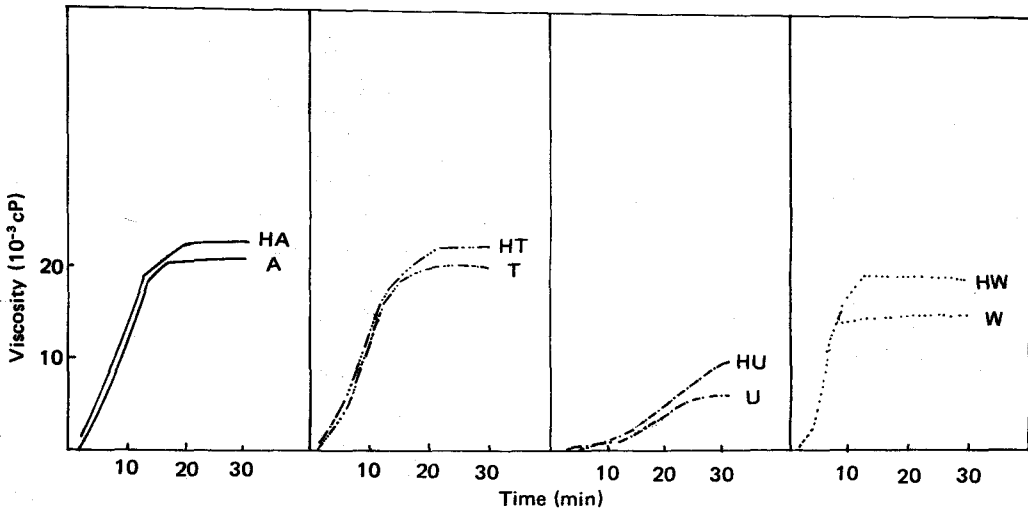


Fig. 4. Changes in viscosity of heat-moisture treated rice starches at 0.17N of sodium hydroxide.
 A : Akkibare HA : 27% heat-treated Akkibare T : Taebaek HT : 27% heat-treated Taebaek U : U.S.A. rice HU : 27% heat-treated U.S.A. rice W : Waxy rice starch HW : 27% heat-treated Waxy rice starch.

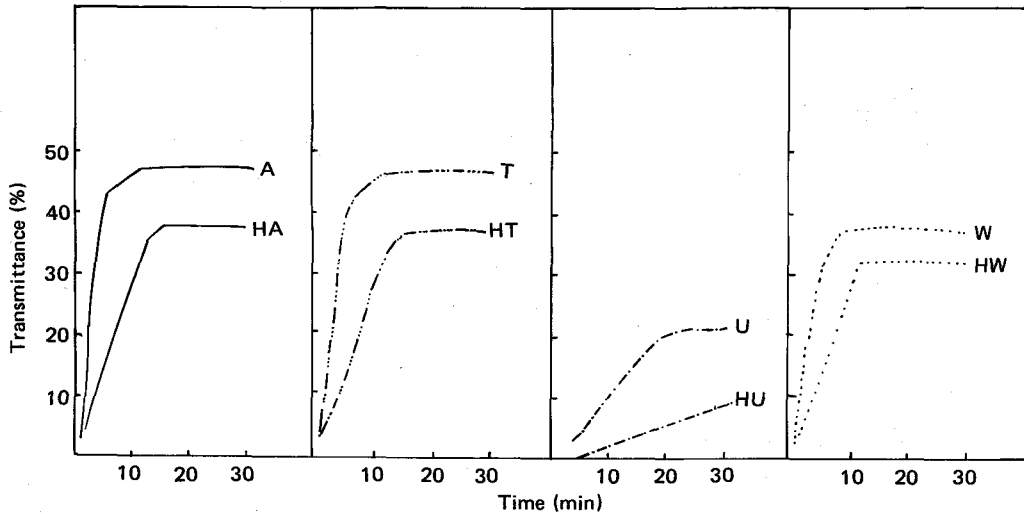


Fig. 5. Changes in transmittance of heat-moisture treated rice starches at 0.16N of sodium hydroxide. A : Akkibare HA : 27% heat-treated Akkibare T : Taebaek HT : 27% heat-treated Taebaek U : U.S.A. rice HU : 27% heat-treated U.S.A. rice W : Waxy rice starch HW : 27% heat-treated Waxy rice starch.

레, 태백전분은 높은 광투과도와 점도를 보였고 그 다음에 찹쌀전분, 미국쌀전분 순이었다. 그러나 수분-열처리했을 때 모든 쌀전분의 점도는 증가했으나 광투과도는 아끼바레, 태백, 찹쌀전분은 감소하였다. 이는 수분-열처리후에 전분입자의 분자구조가 생전분과 다른 양상을 보이기 때문이라고 생각된다.

IV. 요약

아끼바레(일반계), 태백(다수계), 미국쌀(인디카형) 전분과 찹쌀전분을 분리하여 수분을 27%로 조절하고 수분-열처리한 다음 전분의 호화특성을 조사하였다. 광투과도에 의한 호화 개시온도는 찹쌀전분은 50~55°C, 아끼바레, 태백전분은 60~65°C, 미국쌀전분은 70~75°C 이고 그 이후부터 호화도는 급격히 증가하였다.

수분-열처리하면 호화온도가 증가하였다. amylogram에 의한 생전분의 호화온도는 광투과도에 의한 것과 같은 경향을 보였고 수분-열처리하면 3~5°C씩 높아졌으며 각 온도에서의 점도와 최고점도는 감소하였다.

DSC에 의한 호화양상은 모든 쌀전분이 single endotherm을 보였고 호화엔탈피는 2.26~2.63 cal/g의 범위였다. 수분-열처리하면 호화온도는 약간 높아졌으며 호화엔탈피는 2.06~2.74 cal/g범위였다.

알칼리 호화에 의한 점도와 광투과도의 변화는 아끼바레, 태백전분은 높은 광투과도와 점도를 보였고 그 다음이 찹쌀, 미국쌀전분 순이었다. 수분-열처리하면 모든 전분의 점도는 증가했으나 광투과도는 아끼바레, 태백, 찹쌀전분은 감소하였고 미국쌀전분은 증가하였다.

2. 감사의 글

본 연구는 1988년 한국과학재단 기초 연구비에 의하여 이룩된 연구의 일부로 한국과학재단에 깊은 사의를 드리는 바입니다.

참고 문헌

- 1) Sair, L.: Heat-moisture treatment of starches. In "Methods in carbohydrate chemistry," ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, 283, Academic Press, New York, N.Y. (1964)
- 2) Kulp, K. and Lorenz, K.: Heat-moisture treatment of starches. I. physicochemical properties, *Cereal Chem.*, 58:46 (1981)
- 3) Lorenz, K. and Kulp, K.: Physicochemical properties of defatted heat-moisture treated starches, *Starch*, 35:123 (1983)
- 4) Lorenz, K. and Kulp, K.: Cereal and root starch modification by heat-moisture treatment I. physico-

- chemical properties, *Starch*, **34**:50 (1982)
- 5) Lorenz, K. and Kulp, K.: Heat-moisture treatment of starches II. functional properties and baking potential, *Cereal Chem.*, **58**:49 (1981)
 - 6) Sair L.: Heat-moisture treatment of starch, *Cereal Chem.*, **44**:8 (1967)
 - 7) 김수경, 신달식 : 수분-열처리한 쌀전분의 이화학적 특성, *한국농화학회지*, **33**:1 (1990)
 - 8) 차필진, 박양균, 노일환, 김관, 김성곤 : 수분-열처리에 따른 쌀보리전분의 물리화학적 성질, *한국식품과학회지* **19**:2 (1987)
 - 9) 차환수, 김관, 김성곤 : 수분-열처리에 따른 칩전분의 물리화학적 성질, *한국농화학회지*, **27**:252 (1984)
 - 10) 김성곤, 이신영, 박용근 : 수분-열처리한 감자 및 고구마전분의 호화특성, *한국식품과학회지*, **19**:15 (1987)
 - 11) 송은, 신달식, 홍윤호 : 수분-열처리에 따른 고구마전분의 이화학적성질, *한국농화학회지*, **30**:242 (1987)
 - 12) 박홍현, 이규환, 김성곤 : 수분-열처리에 따른 밤전분의 물리화학적 성질변화, *한국 식품과학회지*, **18**:6 (1986)
 - 13) Donovan, J.W., Lorenz, K.: Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches, *Cereal Chem.*, **60**:381 (1983)
 - 14) 김재욱, 이계호, 김동연 : 한국쌀의 품질에 관한 연구, *한국농화학지*, **15**:65 (1972)
 - 15) 정혜민, 안승요, 김성곤 : 아끼바레 및 밀양 23호 쌀전분의 이화학적 성질 비교 *한국농화학회지*, **25**:67 (1982)
 - 16) 김성곤, 한태룡, 이양희, 비엘 다포로니아 : 통일 및 팔달 쌀전분의 이화학적 성질에 관한연구, *한국식품과학회지*, **10**:157 (1978)
 - 17) 이신영, 조형용, 김성곤, 이상규, 변유량 : 쌀전분의 호화중의 리올로지특성, *한국식품과학회지*, **16**:273 (1964)
 - 18) 김주봉, 김영숙, 이신영, 변유량 : 쌀전분의 호화액의 텍스트로텍성질, *한국식품과학회지*, **16**:451 (1984)
 - 19) 김성곤, 정혜민, 조만희 : 쌀, 옥수수, 칩 및 생강 전분의 알칼리호화, *한국농화학회지*, **27**:214 (1984)
 - 20) 김일환, 김성곤, 이규환 : 인산염이 쌀전분의 호화에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, **17**:5 (1985)
 - 21) 김남수, 석호문, 남영중, 민병용 : 멥쌀전분의 호화특성, *한국농화학회지*, **30**:24 (1987)
 - 22) 김복임, 임양순, 안승요 : 쌀전분의 이화학적 성질과 쌀밥의 경도, *한국농화학회지*, **31**:249 (1988)
 - 23) 조형용, 이신영, 양용, 변유량 : 쌀전분과 그 구성성분의 분자구조적 성질, *한국식품과학회지*, **19**:371 (1987)
 - 24) 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규 : 쌀전분의 현탁액과 호화액의 유동거동, *한국식품과학회지*, **16**:29 (1984)
 - 25) Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.F. and Synder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybean, *Cereal Chem.*, **56**:661 (1978)
 - 26) Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starch I. Comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, **42**:558 (1965)
 - 27) Masher, G.G.: Alkali gelatinization of starches, *Starch*, **35**:226 (1983)
 - 28) Juliano, B.O.: Criteria and test for Quality, In "Rice: chemistry and technology," p486, AACC (1985)
 - 29) Leelavathi, K., Indrani, D. and Sidhu, J.S.: Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches, *Starch*, **39**:378 (1987)
 - 30) Biliaderis, C.G., Page, C.M., Maurice, T.J. and Juliano, B.O.: Thermal characterization of rice starch. A polymeric approach to phase transitions of granular starch, *J. Agri. Food Chem.*, **34**:6 (1986)
 - 31) Wada, K., Takahashi, K., Shirai, K. and Kawamura, A.: DTA applied to examing gelatiniation of starches in Foods, *J. Food Sci.*, **44**:1366 (1979)
 - 32) Sato, S., Oka, S. and Shigeta, S.: Pasting behavior of starches from different origin in sodium hydroxide solution, *Agr. Biol. Chem.*, **33**, 12134 (1969)