

## 쌀 전분의 Differential Scanning Calorimetry

현창기 · 박관화 · 김영배\* · 윤인화\*

서울대학교 식품공학과, \*농촌진흥청 농산물이용과

### Differential Scanning Calorimetry of Rice Starch

Chang-Kee Hyun, Kwan-Hwa Park,  
\*Young-Bae Kim and \*In-Hwa Yoon

*Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon*  
*\*Agriculture Products Utilization Division, RDA, Suwon*

#### Abstract

The thermal properties of typical five Indica and five Japonica rice varieties were investigated by Differential Scanning Calorimetry (DSC). There was no significant difference in gelatinization temperature between Indica and Japonica varieties, but the average enthalpy of gelatinization was larger in Indica types than that in Japonica. However, the enthalpy of melting of amylose-lipid complex was larger in Japonica types than that in Indica types. The DSC thermogram of hydrolyzed rice residue included a smaller peak of gelatinization with narrow range of temperature. Retrogradation of gelatinized rice kernel was also determined with DSC thermograms. The endothermic peak areas clearly increased with increasing storage time at 4°C so that the area could be used as a measure of the relative degree of retrogradation. The results indicated that Samgang variety (Indica) retrograded more rapidly than Chuncheon variety (Japonica).

Key words: rice starch, differential scanning calorimetry (DSC), amylose-lipid complex, gelatinization, retrogradation

#### 서 론

쌀 전분입자는 일반적으로 17%의 아밀로오스, 83%의 아밀로펙틴, 0.8%의 지질, 0.45%의 단백질, 0.5%의 회분 등으로 구성되어 있다고 알려졌다. 입자의 크기는 3-10 $\mu$ m 정도로서 곡류전분 중에서도 작은 편에 속하는데, 곡립의 형성과정에 따라 전분의 구조가 서로 다를 수가 있고 따라서 쌀전분에서도 물리화학적 특성에 많은 차이를 나타낸다고 생각된다<sup>(1,2)</sup>. 쌀 전분에 대한 물리화학적 특성을 알아보기 위하여 일반적으로 아밀로오스 함량, alkali spreading value, amylographic viscosity, water uptake capacity, birefringence end point temperature (BEPT) 등을 조사하여 왔다. 쌀 품종간의 특성을 비교한 연구로서 김등<sup>(3,4)</sup>과 조등<sup>(5)</sup>은 일반 계통의 아끼바레와 다수확 계통의 밀양 23 호에 대한 취반특성, 수화

속도 등을 비교 발표한 바 있다. 즉 수화속도는 밀양 23 호가 더 크며 점도도 더 높은 것을 알 수 있었다. 그러나 일반 계 및 다수확계 품종에 대한 특성차이를 설명하는 물리화학적 기준은 뚜렷치 않은 상태이다.

최근 들어 Differential Scanning Calorimetry (DSC) 를 이용하여 전분의 열특성을 밝히는 연구가 많이 진행되고 있는데, 이 방법에 의해 전분입자의 열에 의한 물리적 상전이 현상이 측정된다. 즉 DSC 를 이용한 전분의 특성연구로는 주로 호화특성<sup>(6-10)</sup>, amylose-lipid complex의 melting transition<sup>(10-13)</sup>, 노화특성<sup>(14-16)</sup>, 수분의 영향<sup>(10,12,17)</sup> 등에 관한 연구가 있다.

본 연구에서는 쌀 전분과 쌀가루에 대한 DSC thermogram 을 구하고 이로부터 일반계 및 다수확계 품종의 물리화학적 특성을 규명하고자 하였다. 또한 DSC 를 이용하여 쌀 전분의 노화도를 측정하고 품종간의 노화속도를 비교하였다.

Corresponding author: Kwan-Hwa Park, Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon 440-110

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 쌀 품종은 1985년에 수확된 다수확계 5 품종(삼강, 수원 332 호, 태백, 이리 362 호, 풍산)과 일반계 5 품종(추청, 수원 330 호, 낙동, 이리 367 호, 상풍)이며 수원 농촌진흥청으로부터 분양받아 사용하였다.

### 쌀가루 제조 및 전분

쌀을 로울러 분쇄기로 마쇄한 후 170mesh의 체를 통과시켜 쌀가루를 얻었다. 쌀 전분은 곡립을 6배량의 0.01M 초산 완충용액(pH 6.5)에 24시간 동안 4°C에서 침지시킨 후 와링블렌더로 습식분쇄하여 얻어진 액을 120mesh와 325mesh의 체를 차례로 통과시켜 여과하고 여과된 전분액은 9000rpm으로 30분간 원심분리하여 전분을 회수하였다. 즉 침전된 전분의 윗 불순물층이 없는 순백색의 전분이 얻어질 때까지 반복하였다. 얻어진 전분은 냉동건조한 후 사용하였다.

### 고단백 쌀가루의 제조

쌀가루 20g을 증류수에 녹여 100ml로 하고 0.25%  $\alpha$ -amylase(Termamyl 20L, v/v)를 가하여 55°C에서 48시간 동안 반응시켰다. 가수분해된 쌀가루용액은 6000rpm으로 10분간 원심분리하고 침전물은 증류수로 세척하고 원심분리한 후 냉동건조하였다.

### Differential Scanning Calorimetry

Stanton Redcroft 사 (영국)의 thermal analyzer STA 785model을 사용하였다. 시료를 일정량의 증류수와 시험관내에 혼합하고 15-20 $\mu$ l의 시료를 hermetic aluminium pan에 넣고 sample encapsulating press (Du pont 사, 미국)를 이용하여 밀봉하였다. reference pan에는 15 $\mu$ l의 증류수를 가하여 사용하였다. 가열속도는 10°C/min, 감도는 16 $\mu$ V/cm 또는 32 $\mu$ V/cm로 하였고 endothermic peak의 면적은 planimeter로 측정하였다.

### DSC에 의한 노화도 측정

DSC로 1차 가열된 sample pan을 4°C에서 일정시간 저장한 후 10°C/min의 속도로 2차 가열하여 DSC thermogram을 얻었다. thermogram의 endothermic peak 면적을 측정하여 계산한 엔탈피로부터 상대적인 노화도를 결정하였다.

### Diastase를 이용한 노화도 측정

쌀가루를 호화시키고 4°C에서 일정시간 보관한 후 diastase 법<sup>(18)</sup>을 이용하여 호화도를 측정하고 이로부터 노화도를 결정하였다. 즉 4개의 100ml 플라스크에 각각 1g의 쌀가루를 50ml 증류수에 녹이고 (A1, A2, A3, A4) 50ml의 증류수만을 넣은 한 개의 플라스크(B)를 준비하여 다음과 같은 조작으로 실험하였다.

조 작	A1	A2	A3	A4	B
1. 15분 증자	0	0	×	×	×
2. 얼음수조에서 실온으로 냉각	0	0	×	×	×
3. 5% diastase, 5ml 첨가	0	×	0	×	0
4. 37°C에서 90분간 효소반응	0	0	0	0	0
5. 1 N-HCl, 2ml 첨가	0	0	0	0	0
6. 증류수로 100ml 화	0	0	0	0	0
7. 여과지로 여과	0	0	0	0	0

각 여과액 10ml에 0.1N-KI 용액 10ml와 0.1N-NaOH 용액 18ml를 혼합하고 15분간 방치한 후 10%-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 2ml를 가하였다. 이어서 0.1N-Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 용액으로 적정하고 다음 공식에 의해 호화도를 계산하였다. 이 때 blank test(r)는 여과액 대신 증류수 10ml를 가하였다.

호화도(%)

$$= \frac{[(r-P3)-(r-P4)-(r-q)]}{[(r-P1)-(r-P2)-(r-Q)]}$$

여기서 P1, P2, P3, P4, q, r은 각각 A1, A2, A3, A4, B, r에 대하여 적정에 소모된 0.1N Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>의 ml수이다. 4°C에서 일정시간 저장한 후 감소된 호화정도도 노화도로 표시하였다.

## 결과 및 고찰

### 쌀전분 및 쌀가루의 DSC thermogram

수분과 쌀 전분의 비율(w/s ratio)을 1/1로 한 혼합액을 실온에서 150°C까지 가열하여 얻은 DSC thermogram은 Fig. 1과 같다. 첫번째 peak는 호화상전이 현상을 나타내는 것으로 65°C에서 호화개시온도(T<sub>0</sub>)를 보여주고 있다. 두번째 peak는 amylose-lipid complex가 용해되는 현상<sup>(10-13)</sup>으로서 100°C-121°C 범위에서 peak가 나타났다. 한편 쌀가루의 thermogram(Fig. 1)에서는 호화개시 온도(T<sub>0</sub>)와 호화종료온도(T<sub>1</sub>)가 각

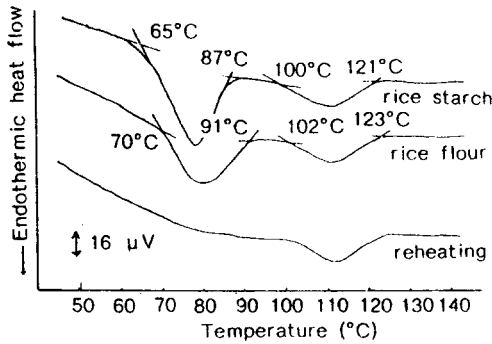


Fig. 1. DSC thermograms of rice starch and rice flour with water to starch ratio of 1.0. Heating rate, 10°C/min; Weight of sample(mg); rice starch, 9.1; rice flour, 8.7.

각 70°C 및 91°C로 쌀전분에 비하여 높은 온도 쪽으로 이동되었다(Table 1). 즉 쌀가루는 쌀전분보다 개시온도가 첫번째와 두번째 peak에서 각각 5°C 및 2°C 정도 높게 나타났는데 이는 Wada 등<sup>(9)</sup>이 식품계의 호화개시온도가 분리된 전분에 비해 높게 나타난다고 보고한 것과 일치하는 것으로 이러한 결과는 쌀가루에 존재하는 다른 성분들에 의해 쌀전분이 안정화된 것으로 생각된다.

1회 가열시킨 sample pan을 실온까지 냉각시킨 후 다시 가열하였을 때 첫번째 peak는 나타나지 않았으나 두번째 peak는 그 면적이 그리 변하지 않은 상태에서 다시 나타났다(Fig. 1). 이와같은 두번째 peak는 amylose-lipid complex의 melting현상(가역반응)에 기인한 것으로 쌀전분에서도 다른 전분에서도 마찬가지로 amylose-lipid complex가 상당량 존재함을 보여주고 있다.

수분함량을 감소하여 w/s=0.75/1로 하였을 때 쌀전분의 호화 peak에서는 tailing shoulder로 나타났고

Table 1. Comparison of onset( $T_0$ )-, peak( $T_p$ )- and conclusion( $T_c$ )- temperature of rice flour with those of the isolated rice starch

	1st endothermic peak			2nd endothermic peak		
	$T_0^*$	$T_p$	$T_c$	$T_0$	$T_p$	$T_c$
Rice starch	65	78	87	100	110	121
Rice flour	70	81	91	102	112	123

\* °C

130°C이상에서 세번째 peak가 나타났다(Fig. 2). 호화 peak의 shouldering 효과는 두가지 형태의 상전이 현상을 나타내는 것으로 전분입자의 무정형(혹은 불안정한 결정형) 부분이 우선 용해되면서 많은 수분을 흡수함으로써 나머지 결정형 부분의 전분이 호화되는데 필요한 수분이 부족한 상태로 되고 따라서 수분분배가 고르게 이루어질 수 없게 되며 나머지 결정형 부분은 보다 높은 온도에서 용해되는 것이라고 하였다<sup>(19,20)</sup>. 세번째 peak에 대하여는 Wirakartakusumah<sup>(10)</sup>에 의해서 관찰된 바 있는데 전분내 미지의 성분이 열에 의해 분해되는 현상이라고 추측하였다. 박<sup>(21)</sup>등은 세번째 peak가 쌀에 존재하는 starch-protein complex의 열에 의한 상전이 현상에 기인하는 것으로 추측하였다.

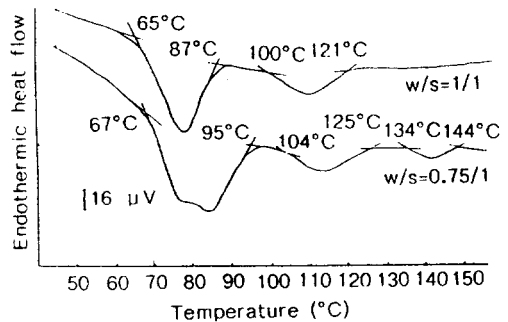


Fig. 2. DSC thermograms of rice starch at different water to starch(w/s) ratio. Heating rate, 10°C/min; Weight of starch(mg); 9.1 for w/s=0.1, 9.3 for w/s=0.75.

**쌀의 DSC thermogram**

국내에서 재배되는 대표적인 다수확계 및 일반계 및 쌀 각각 5품종에 대하여 thermogram을 얻었다 (Fig. 3). Thermogram으로부터 호화개시온도, amylose-lipid complex 용해온도 및 enthalpy를 계산하였고 4반복한 실험값의 평균을 Table 2에 기록하였다. 품종간에 다소의 차이는 있으나 다수확계 및 일반계 품종의 평균 호화개시 온도는 68°C로 일치하고 있으며 평균 호화완료 온도 ( $T_c$ )는 다수확계가 2°C정도 높게 나타나 평균  $T_0$  및  $T_c$ 의 차이가 다수확계에서 높게 나타났다. 평균 호화 엔탈피 ( $\Delta H_1$ )도 다수확계가 높은 경향이였다.

Biliaderis 등<sup>(7)</sup>은 곡물전분 amylopectin의 branch-

Table 2. DSC characteristics of rice flours with water to starch ratio of 1/1

Type	Variety	Peak 1				peak 2		
		To	Tp	Tc*	$\Delta H_1^{**}$	To	Tc	$\Delta H_2$
Indica	Samgang	69	80	93	0.61	102	123	0.31
	Suweon 332	69	81	92	0.72	102	122	0.32
	Taebaeg	67	80	90	0.84	101	121	0.29
	Iri 362	68	79	91	1.07	101	122	0.29
	Pungsan	68	78	89	0.95	102	122	0.25
	Average	68.2	79.6	91	0.84	102	122	0.29
Japonica	Chucheong	69	79	91	0.96	102	122	0.35
	Suweon 330	69	79	89	0.70	101	122	0.35
	Nagdong	69	77	89	0.47	100	122	0.31
	Iri 367	68	78	89	0.54	102	121	0.32
	Sangpung	66	77	87	0.65	100	121	0.35
	Average	68.2	78	89	0.66	101	122	0.34

\* °C    \*\* cal/g

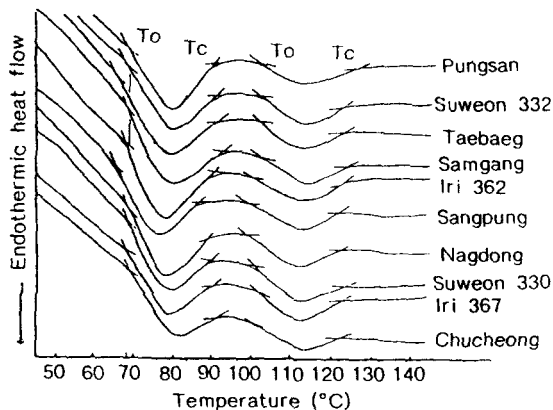


Fig. 3. DSC thermograms of rice flours at a heating rate of 10°C/min and w/s of 1.0. Weight of flour from top to bottom(mg); 8.91, 9.03, 8.19, 7.89, 9.65, 7.39, 7.95, 8.93, 8.48, 9.05.

ing 정도가 클수록 용해 호화온도의 범위가 넓어지며 호화가 쉽게 일어난다고 하였다. 따라서 다수확계 쌀의 전분구는 일반계 쌀보다 무정형부분이 많고 결정구조도 불안정한 편이라고 할 수 있겠다. amylose-lipid complex의 melting enthalpy( $\Delta H_2$ )는 일반계 쌀에서 높게 나타났다. 일반적으로 amylose 1g 과 complex를 형성하는 lysolecithin의 비는 0.14로 알려져 있다<sup>(12)</sup>. 쌀

에 존재하는 지방/아밀로오스의 비는 0.05이므로 Table 2에 나타난  $\Delta H_2$ 는 쌀의 endosperm에 존재하는 지방의 주종인 phospholipid 함량의 차이에 기인하는 것으로 생각된다.

#### 고단백 쌀가루의 DSC thermogram

쌀가루에 효소를 처리하여 제조한 고단백 쌀가루(단백질 함량 23.6%, Kjeldahl N×6.25)를 w/s=1/1로 하여 얻은 thermogram을 Fig. 4에서 쌀가루의 경우와 비교하였다. 첫번째 peak를 보면 크기가 작아지고  $T_0$  및  $T_c$  사이의 온도 범위가 좁아졌음을 볼 수 있다. 이는 전분입자의 표면으로부터 전분액 효소의 작용을 받아 가수분해 되었음을 보여주는 것이다<sup>(22)</sup>. 두번째 peak에서는 고단백 쌀가루에서  $T_0$  및  $T_c$ 가 저온으로 이동되었음을 볼 수 있다. 이는  $\alpha$ -amylase에 의해 전분이 가수분해될 때 amylose-lipid complex형성에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 세번째 peak가 115°C 근처에서 나타났는데 이는 박동<sup>(21)</sup>의 보고에서와 같이 starch-protein complex의 상전이 현상으로 보인다.

#### 노화도 측정

1회 가열한 sample pan을 4°C에 일정시간 동안 저장하면서 저장시간에 따른 thermogram을 얻었다. Fig. 5와 같이 저장시간이 길어 질수록 호화 enthalpy가 커지

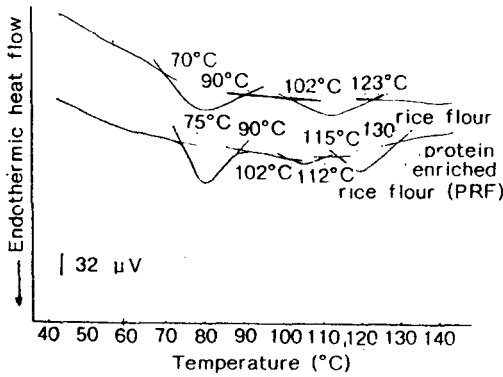


Fig. 4. DSC thermograms of rice flour and hydrolyzed rice residue at w/s of 1.0. Heating rate, 10°C/min.

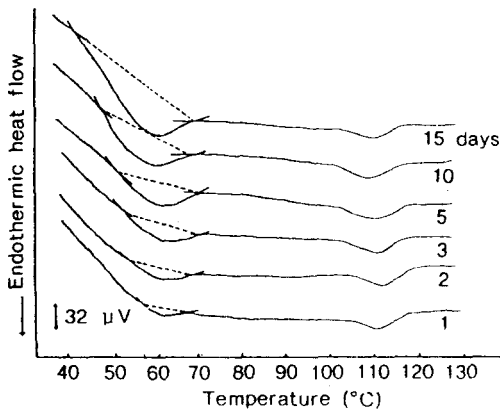


Fig. 5. DSC thermograms of rice flour(Samgang variety) on reheating after being stored at 4°C. Numbers designate the storage day. Heating rate, 10°C/min; w/s=1.0.

는 것을 볼 수 있으며  $T_0$ 는 낮은 온도 쪽으로 이동되고 있음을 알 수 있다. 이것은 호화된 무정형 전분 입자가 수소결합 등을 통하여 결정형으로 되돌아가기 때문으로 볼 수 있다. 김<sup>(23)</sup>은 몇가지 전분을 원료로 하여 묵이 형성되는 과정에 대하여 연구하면서 묵을 제조하고 12시간 방치한 다음 DSC로 측정된 결과 peak의 면적이 커지는 것을 관찰하였으며 이는 전분가열 직후에 시작된 수소결합의 생성이 더욱 진행된 것으로 해석하였다. 동부전분<sup>(23)</sup>을 DSC sample pan 내에서 호화시킨 후 냉각시킨 뒤 즉시 분자의 재배열이 일어나서 12시간 및 24시간 후에 DSC로 측정된 결과 흡열 peak의 면적이 증가하였으며

가열후 방치시간이 길수록  $T_0$ 가 낮아지며  $T_c$ 는 일정한 것을 관찰하였는데 이는 본 실험의 결과와 잘 일치하고 있다. 한편 Nakazawa 등<sup>(16)</sup>은 쌀전분을 호화시킨 후 5°C 및 25°C에서 저장하면서 노화 peak의 크기와  $T_0$  변화를 관찰하였다. 저장시간이 길수록 노화 peak가 커졌고 전분의 호화  $T_0$ 에 비하여 3일 이후 저장기간에 따라  $T_0$ 는 감소하다가 다시 약간 증가하는 경향을 보였으며 저장온도인 5°C와 25°C에 따라 서로 상이함을 알았다. 이는 본 실험의 결과와 상이한 것으로 순수하게 분리된 쌀전분에 비하여 본 실험에서는 쌀가루를 사용한 관계로 전분과 기타 성분과의 상호작용에 기인한 영향으로 볼 수 있다. 또한 5°C와 25°C에서  $T_0$ 값이 다른 것과 마찬가지로 본 실험에서의 4°C에서 저장하였으므로 온도에 의한 영향도 작용했을 것으로 생각된다. 노화의 정도를 표시하는 endothermic peak의 면적을 측정하여 상대적 노화도를 비교하였다. 일반계 추청과 다수확계 삼강품종에 대해 노화도를 측정된 결과는 Fig. 6과 같으며 삼강품종이 추청품종보다 빠른 노화속도를 보여주고 있다. Fig. 7에는 diastase에 의한 노화도 측정결과를 나타내었는데 삼강 및 추청사이에 뚜렷한 차이를 볼 수가 없다. 한편 차등(미발표자료)은 추청과 삼강의 생전분에  $\alpha$ -amylase를 작용시키고 삼강품종에서 효소반응 속도가 컸음을 확인하고 전분구조가 느슨하게 결합된 것이라 하였다. 또한 고등(미발표자료)은 쌀전분에 lysolecithin을 첨가하여 amylose-lipid complex를 만들었을 때

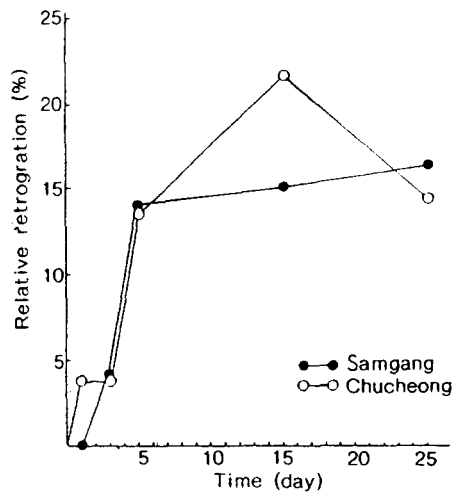


Fig. 6. Relative retrogradation degree of cooked rice flour as a function of storage time (measured by DSC).

노화속도가 지연됨을 알았다. 이는 amylose-lipid complex가 삼강보다 추청에 더 많이 존재하는 것과 일치한다(Table 2), 따라서 DSC에 의한 노화도 측정이 두 품종간에 비교적 뚜렷한 차이를 보여줄 뿐만 아니라 합리적인 측정이라 할 수 있겠다.

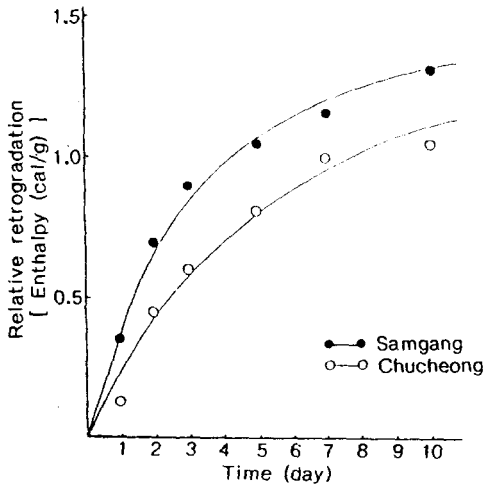


Fig. 7. Relative retrogradation degree of cooked rice flour as a function of storage time (measured by diastase method).

## 요 약

국내에서 생산되는 다수확계 및 일반계 쌀 각 5품종을 Differential Scanning Calorimetry(DSC)로 열분석하여 호화, amylose-lipid complex의 melting 및 노화 등의 상전이 현상들을 연구하였다. 다수확계와 일반계 품종간에는 호화개시 온도에 있어서는 특정한 차이가 없었으나 호화의 온도범위는 다수확계가 약간 넓은 경향이었는데 다수확계 쌀의 amylopectin의 전분구조가 무정형 부분이 많고 느슨하게 결합되었음을 시사한다. 호화엔탈피도 다수확계가 더 큰 값을 보였다. 고단백 쌀가루의 DSC thermogram은 온도 범위가 좁아지고 크기가 작아진 호화 peak를 보여주었다. 노화현상을 DSC 방법과 diastase 측정방법을 이용하여 측정한 결과 DSC 방법이 보다 우수함을 알았고 다수확계 삼강품종의 노화속도는 일반계 추청품종보다 빠른 것을 알 수 있었다.

## 문 헌

- Shannon, J.C. and Garwood, D.L. : Genetics and physiology of starch development. In *Starch*, Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. (ed), Academic press, London(1984)
- Swinkels, J.J.M. : Sources of starch, its chemistry and physics. In *Starch conversion technology*, Van Beynum, G.M.A. and Roels, J.A. (ed.), Marcel Dekker, New York(1985)
- 김광중, 변유량, 조은경, 이상규, 김성근 : 아끼바레와 밀양 23호 현미의 수화속도, 한국식품과학회지, 16(3), 297(1984)
- 김광중, 변유량, 최형택, 이상규, 김성근 : 아끼바레와 밀양 23호 현미의 취반특성, 한국식품과학회지, 16(4), 457(1984)
- 조은경, 변유량, 김성근, 유주현 : Kinetic studies on hydration and cooking of rice, 한국식품과학회지, 12(4), 285(1080)
- Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R. : Starch gelatinization phenomena studied by Differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, 45, 1669(1980)
- Biliaderis, C.G., Page, C.M., Maurice, T.J. and Juliano, B.O. : Thermal characterization of rice starches; a polymeric approach to phase transitions of granular starch. *J. Agric. Food Chem.*, 34, 6(1986)
- Soulaka, A.B. and Morrison, W.R. : The amylose and lipid contents, dimensions, and gelatinization characteristics of some wheat starches and their A- and B-granule fractions *J. Sci. Food Agric.*, 36, 709(1985)
- Wada, K., Takahashi, K., Shira, K. and Kawamura, A. : Differential thermal analysis applied to examining gelatinization of starches in foods. *J. Food Sci.*, 44, 1366(1979)
- Wirakartakusumah, M.A. : Kinetics of starch gelatinization and water absorption in rice. *Ph.D. Thesis*, University of Wisconsin-Madison, (1981)
- Bulpin, P.V., Welsh, E.J. and Morris, E.R. : Physical characterization of amylose-fatty acid complexes in starch granules and in solution. *Stärke*, 34, 335(1982)
- Kugimiya, M. and Donovan, D.W. : Calorimetric determination of amylose content of starches based on formation and melting of the amylose-lysocleithin complex. *J. Food Sci.*, 46, 765(1981)

13. Kugimiya, M., Donovan, D.W. and Wong, R.Y. : Phase transitions of amylose-lipid complexes in starches : A calorimetric study. *Stärke*, **32**, 265(1980)
14. Jankowski, T. and Rha C.K. : Retrogradation of starch in cooked wheat. *Stärke*, **38** 6(1986)
15. McIver, R.G., Axford, D.W.E., Colwell, K.H. and Elton, G.A.H. : Kinetic study of the retrogradation of gelatinized starch. *J. Sci. Food Agric.*, **19**, 560(1968)
16. Nakazawa, F., Noguchi, S., Takahashi, J. and Takada, M. : Gelatinization and retrogradation of rice starch studied by Differential Scanning Calorimetry. *Agric Biol. Chem.*, **48**, 201(1984)
17. Eliasson, A.C. : Effect of water content on the gelatinization of wheat starch. *Stärke*, **32**, 270(1980)
18. 일본식품공업학회지 식품분석법 편집위원회(편) : 식품분석법, 2 판 p.642, 광림, 동경, (1984)
19. Donovan, J.W. and Mapes, C.J. : Multiple phase transition of starches and Nageli amyloextrins. *Stärke* **32**, 190(1980)
20. Evan, I.D. : An investigation of starch/surfactant interaction using viscometry and differential scanning calorimetry. *Stärke*, **38**, 227(1986)
21. Park, K.H. and Hyun, C.R. : Differential scanning calorimetry of rice starch. Proc. Int. Congr. Food Sci. Technol., 7th, Singapore, (in press)(1988)
22. 김해영, 박관화 : 쌀전분 분해물분석에 의한 세균성  $\alpha$ -amylase 의 작용특성, 한국농화학회지, **29**(3), 248(1986)
23. 김향숙 : 아밀로오스와 아밀로펙틴이 묵의 텍스처에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문(1987)

---

(1988년 2월 12일 접수)