

## 쌀 전분의 Amylose-lipid Complex 의 DSC 특성과 Amylose 정량

고재형 · 박관화  
서울대학교 식품공학과

### Differential Scanning Calorimetric Study of Amylose-lipid Complex and Amylose Content in Rice Starch

Jae-Hyung Ko and Kwan-Hwa Park

Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon

#### Abstract

Thermal properties of amylose-lysolecithin (AL) complex, amylose content and effect of lysolecithin on the gelatinization of rice starch were investigated by Differential Scanning Calorimetry (DSC). The melting temperature of AL complex was near to 108.5°C and the melting enthalpy was about 1.0 cal/g. The gelatinization temperature of rice starch was not affected by adding lysolecithin. However, the enthalpy of gelatinization was decreased. The amylose contents in rice varieties were calculated from melting enthalpy of AL complex. The amylose contents for Indica and Japonica types of rice were in the range of 16-19%, which were in good agreement with those determined by iodine binding method. Significant differences were not observed in the amylose contents between Indica and Japonica varieties.

Key words: differential scanning calorimetry (DSC), amylose-lysolecithin complex, amylose content, gelatinization

#### 서 론

Amylose 는 전분의 주된 구성입자로서 지방산, 계면활성제 등의 지질들과 작용하여 helical inclusion complex 를 형성한다고 알려져 있다<sup>(1-4)</sup>. 이 complex 들은 amylose-polyiodide complex 와 유사한 구조를 이루고 있고 V-pattern 의 amylose 라고 한다<sup>(5)</sup>. Glycerolmonostearin 이 형성하는 helical complex 의 경우에는 amylose 의 한 helix 회전당 6개의 포도당 잔기로 이루어져 있고 한 hydrocarbon chain 은 3회전의 helix 길이에 상당한다고 보고되었다<sup>(1)</sup>.

자연계에서는 밀, 쌀 등과 같은 곡류전분 내에 존재하는데<sup>(6)</sup>, 주로 유리지방산과 lysophosphatidyl choline 및 monoacyl lipid 등이 amylose 와 complex 를 형성하고 있다<sup>(7,8)</sup>. 이것은 소량이지만 이들 전분의 이화학적 성질에 크게 영향을 미쳐 밀가루의 경우 소량의 지방질이 제빵적성에 크게 영향을 주며<sup>(9)</sup> 쌀의

경우 쌀품종의 지질차이 또는 지질변화로 취반미의 텍스처가 큰 영향을 받는 것으로 보고된 바 있다<sup>(10)</sup>. 또한 유화제 첨가에 의해 형성되는 amylose-lipid complex 가 제품의 품질을 조절하는 중요한 역할을 하는데, 제빵에서는 경화를 지연시키고<sup>(3)</sup>, 즉석 mashed potato 에서는 점착성을 방지하며<sup>(2)</sup>, 압출성형된 전분 식품에서는 텍스처를 조절하는데에 기술적으로 이용되어 왔다<sup>(11)</sup>.

최근들어 Differential Scanning Calorimetry (DSC)를 이용하여 이 complex 의 열특성이 연구되고 있다<sup>(12-15)</sup>. Amylose-lipid complex 의 형성은 발열 반응으로 일어나며 90-110°C 사이의 높은 온도범위에서 용융되는데 이 때 흡열되는 엔탈피가 DSC에 의해 정량적으로 측정되므로 DSC 를 이용한 전분 내의 amylose 정량이 가능하다<sup>(13)</sup>.

한편 amylose 함량은 취반 특성, 식미 등 쌀의 품질을 결정하는 중요한 인자로 알려져 있다<sup>(16-18)</sup>. 국내에서 생산되는 다수계 및 일반계 쌀 품종간에는 식미의 뚜렷한 차이를 보이고 있는데 이는 amylose 함량의 차이 때문으로 추측하고 있다<sup>(19)</sup>. 그러나 두 품종간의 amylose 함량에 큰 차이가 없다는 보고<sup>(20)</sup>도 있어서

Corresponding author: Kwan-Hwa Park, Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon, 440-744

연구자와 정량방법에 따라 차이를 보이고 있다.

따라서 본 실험에서는 순수한 amylose 및 쌀가루에 충분한 양의 lysolecithin 을 첨가한 후 DSC 로 분석하여 amylose-lysolecithin complex 및 rice starch-lysolecithin complex 의 열특성을 조사하고 이를 이용하여 일반계 및 다수계 쌀 두 품종의 amylose 함량을 정량하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

사용된 쌀품종은 1985년에 수확된 다수확계 5품종(삼강, 수원 332호, 태백, 이리 362호, 풍산)과 일반계 5품종(추청, 수원 330호, 낙동, 이리 367호, 상풍)으로 농촌진흥청(수원)으로부터 분양받았으며 로울러 분쇄기로 마쇄한 후 170 mesh 의 체를 통과시켜 쌀가루를 얻었다. 시료의 수분을 일정하게 하기 위하여 습도가 일정하게 유지된 방에서 1일 동안 방치한 후 사용하였다.

#### Differential Scanning Calorimetry

Stanton Redcroft 사(영국)의 thermal analyzer STA 785 model 을 사용하였다. Indium(m.p=157°C, ΔH=6.79 cal/g)을 사용하여 온도 보정을 하고 보정상수를 결정하였다. 시료의 일정량(2-3 mg)을 취하고 충분한 양의 lysolecithin(Sigma, 미국)과 함께 hermetic aluminium pan 에 넣고 10 μl 의 증류수를 가한 후 sample encapsulating press(Du pont 사, 미국)를 이용하여 밀봉하였다. Reference pan 에는 10 μl 의 증류수를 넣어 밀봉한 후 사용하였다. 가열온도 범위는 30°C에서 160°C, 가열속도는 10°C/min, 감도는 8 μV/cm 로 하였다. Endothermic peak 의 면적은 planimeter 로 측정하였으며 면적으로부터 엔탈피를 계산하였다.

#### DSC 에 의한 amylose 정량

쌀가루 또는 amylose(Sigma, 미국)에 충분한 양의 lysolecithin 을 첨가하여 얻은 DSC thermogram 의 흡열 peak 로부터 enthalpy 를 계산하고 다음과 같은 공식(1)을 이용하여 amylose 함량을 결정하였다.

$$\% \text{ amylose} = 100 \times \frac{\text{시료의 enthalpy (cal/g)}}{\text{amylose 의 enthalpy (cal/g)}} \dots (1)$$

#### 비색법에 의한 amylose 정량

시료를 100 mg 씩 각각 시험관에 넣은 후 95% ethanol 1 ml 로 분산시킨 다음 1N NaOH 9 ml 를 가하고 끓는 물에서 10분간 가열하여 완전히 호화시켰다. 호화된 시료를 상온에서 방냉한 후 100 ml 플라스크에 옮겨 증류수로 채운 다음 잘 섞어 주었다. 시료용액을 5 ml 취하여 다시 1000 ml 플라스크에 넣고 1N acetic acid 1 ml 와 요오드 용액(0.2g iodine 과 2.0g potassium iodide 를 100 ml 증류수에 녹인 용액) 2 ml 를 가한 후 증류수로 채워 잘 흔들어 20분간 방치하였다. 요오드와 반응한 시료용액의 흡광도는 620 nm 에서 측정하였고 amylose 의 표준 곡선은 Juliano 의 방법<sup>(21)</sup>에 따라 작성되었다.

### 결과 및 고찰

#### Amylose-lysolecithin complex 의 용융엔탈피

감자전분에서 순수 분리한 amylose 에 충분한 양의 lysolecithin 을 첨가한 후 물 존재하에서 150°C까지 1차 및 2차 가열하여 얻은 DSC thermogram 은 Fig. 1 과 같다. 두 peak 모두 100°C 전후의 높은 온도에서 amylose-lysolecithin complex 가 붕괴되는 것을 보여주고 있고 2차 가열에서 얻은 peak 는 1차 가열에서 얻은 peak 보다 더 크고 온도범위(T<sub>c</sub>-T<sub>0</sub>)도 더 넓어진 것을 볼 수 있다. 즉 Table 1 에서와 같이 2차 가열에서 complex 의 용융온도범위는 15.0°C에서 20.5°C 로 넓혀졌고 용융엔탈피도 5.75 cal/g 으로 1차 가열에서 얻은 1.25 cal/g 보다 크게 증가한 값을 얻었다. Kugimiya 등<sup>(12)</sup>은 amylose 와 lipid 의 결합은

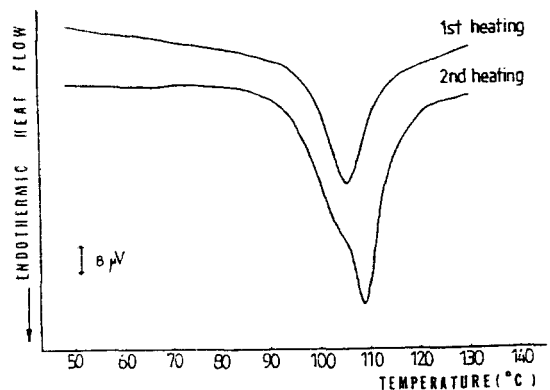


Fig. 1. DSC thermogram of potato amylose with lysolecithin obtained on first and second heating.

Table 1. DSC characteristics of potato amylose in the presence of lysolecithin.

Heating	DSC characteristics			
	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (cal/g)
1st	97.5	105.0	112.5	1.25
2nd	94.5	108.5	115.0	5.75

To, Tp, Tc: Onset, peak and conclusion temperature, respectively.

complex 가 붕괴되어 amylose 가 완전히 풀어지는 높은 온도까지 가열된 후에 비로소 충분히 이퇴질 수 있다고 하였다. 따라서 amylose 함량을 결정하기 위한 표준엔탈피로서 amylose-lysolecithin complex 의 최대용융엔탈피는 2차 가열시 얻은 peak 로부터 계산하였다. Fig. 2는 amylose 에 첨가한 lysolecithin 의 비율에 따라 complex 의 melting enthalpy 를 측정된 결과이다. Lysolecithin/amylose 의 비가 약 0.2 이상에서 포화결합하는 것으로 나타났고 이 때의 최대 melting enthalpy 는 5.75 cal/g 으로서 amylose 표준 엔탈피로 사용하였다.

**쌀전분의 amylose-lysolecithin complex 특성**

국내에서 재배되는 대표적인 다수확계 및 일반계 쌀 각각 5품종에 대하여 충분한 양의 lysolecithin 존재하에서 1차 및 2차 가열하여 얻은 DSC thermogram 을 Fig. 3의 a와 b에 나타내었다. Fig. 3의 a에서 첫번째 peak 는 호화상전이 현상을 나타내는 것으로 72°C 부근에서 호화 peak 를 보여주고 있고 두번째 peak 는 쌀전분 내에서 형성된 amylose-lysolecithin complex 의 melting peak 로서 106°C 부근에서 나타났다. 두 peak 가 보여주는 상전이 온도범위와 엔탈피는 다수계 및 일반계 쌀 품종간을 비교했을 때 그 평균값에 있어서 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

1차 가열시킨 sample pan 을 실온까지 냉각시킨 후 다시 가열하였을 때 첫번째 peak 는 나타나지 않았으나 두번째 peak 는 더욱 커졌으며 peak 온도도 더욱 높아졌다 (Fig. 3b). 두번째 peak 즉 complex 의 melting peak 가 2차 가열시에 더 커진 이유는 순수한 amylose 가 형성하는 complex 의 용융에서와 같이 1차 가열시에 complex 가 충분히 생성된 까닭이라 생각된다. 또한 1차 가열에서 얻은 complex 의 흡열곡선은 단일한 peak 인 반면 2차 가열시 얻은 흡열곡선은

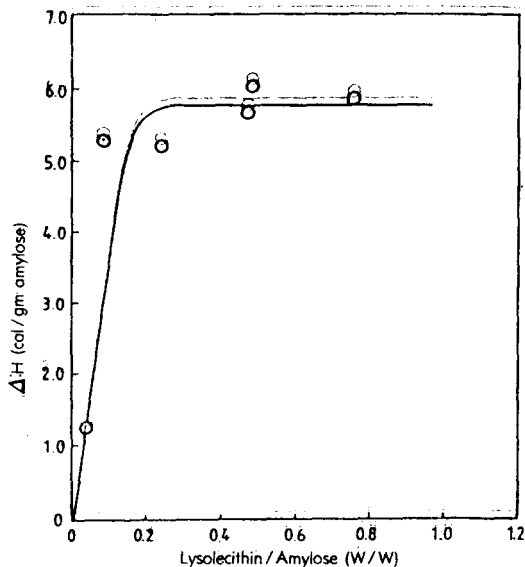


Fig. 2. Enthalpies of melting of amylose-lysolecithin complex as a function of lysolecithin/amylose ratio.

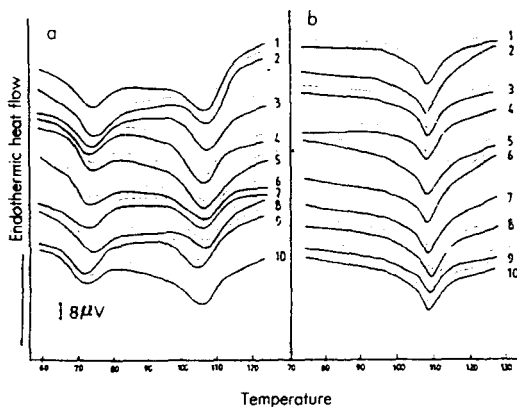


Fig. 3. DSC thermograms of various rice flours with lysolecithin on first(a) and second(b) heating. Ratio of lysolecithin to rice flour: 0.2. Sample identification: 1. samgang, 2. suwon 332, 3. pungsan, 4. taebag, 5. iri 362, 6. suwon 330, 7. nagdong, 8. sangpung, 9. iri 367, 10. chucheong.

1차 가열의 peak 온도(106°C)에서 약간의 shoulder 를 보이며 peak 온도도 더 높아졌다. 이 결과는 제한된 물존재하에서 호화상전이가 전분입자의 무정형부분에서 먼저 일어난 다음 더 높은 온도에서 결정형 부분이 용해된다는 보고(22,23)와 같이 amylose-lipid complex 도 두 가지 다른 결합형태로 구성되어 있음을 말

Table 2. DSC characteristics of rice flours with lysolecithin on first and second heating

Type	Variety	Peak (first heating)				Peak 2 (first heating)				Peak 2 (second heating)			
		To (°)	Tp (°)	Tc (°)	ΔH <sub>1</sub> (cal/g)	To (°)	Tp (°)	Tc (°)	ΔH <sub>2</sub> (cal/g)	To (°)	Tp (°)	Tc (°)	ΔH <sub>2</sub> (cal/g)
Indica	Samgang	65.0	72.5	81.5	1.02	98.5	106.0	114.0	0.60	97.8	108.5	113.8	1.01
	Suwon 332	63.5	71.5	78.5	0.93	99.0	105.5	113.0	0.70	96.5	108.5	113.8	0.96
	Taebag	64.5	72.5	80.0	1.22	98.0	106.0	113.5	0.78	97.5	108.0	113.3	0.95
	Iri 362	62.5	70.0	77.5	0.92	99.5	105.0	112.0	0.61	97.3	108.3	114.0	1.11
	Pungsan	63.0	71.0	79.5	1.28	97.5	105.0	113.0	0.90	97.8	109.5	114.0	1.14
	Average	63.7	71.5	79.7	1.08	98.5	105.5	113.1	0.72	97.4	108.5	113.8	1.03
Japonica	Chucheong	66.0	72.0	81.5	0.94	97.5	105.5	113.0	0.90	97.0	108.3	113.3	1.10
	Suwon 330	63.0	72.5	82.5	1.10	99.5	106.0	113.0	0.74	97.0	108.0	113.5	1.06
	Nakdong	65.0	72.5	81.5	0.99	100.0	107.0	113.0	0.74	98.3	109.8	115.0	1.06
	Iri 367	64.0	72.5	82.0	0.93	99.5	106.5	113.0	0.66	97.8	108.5	114.3	1.04
	Sangpung	62.0	70.0	78.5	0.76	97.5	105.0	113.5	0.71	98.5	107.8	113.3	0.94
	Average	63.8	72.1	81.2	0.94	98.8	106.0	113.1	0.75	97.7	108.5	113.9	1.04

해준다<sup>(13)</sup>. Table 2에서와 같이 다수계 품종의 평균 용융범위는 97.4°C에서 113.8°C이고 peak 온도는 108.5°C로서 일반계 품종과 큰 차이가 없었으며 용융 enthalpy도 각각 1.03 cal/g, 1.04 cal/g으로 큰 차이가 없었다.

**Amylose 정량**

쌀전분의 amylose-lysolecithin complex의 melting enthalpy (Table 2)를 이용하여 각 품종의 쌀에 대한 amylose 함량을 계산한 결과는 Table 3과 같다. 품종간에 다소 차이는 있으나 다수계 및 일반계 쌀의 평균 amylose 함량은 각각 17.9, 18.1%로서 큰 차이가 없었다. 이 값은 기존의 방법인 비색법을 이용해서 측정된 amylose 함량과 비교했을 때 (Table 3) 다소 낮은 값을 나타내었다. Kugimia 등<sup>(13)</sup>은 DSC를 이용하여 전분에 존재하는 amylose 함량을 정량하고 iodine 방법 등 기존의 방법과 비교하였다. 감자전분에서는 문헌에 보고된 평균값이 21.6%인데 비해 DSC 법에 의해 24.0%를 얻고, 타피오카전분에서는 각각 17.9, 19.0%를 얻어 비교적 일치하는 값을 보였다. 그러나 옥수수 및 밀전분에서는 DSC 법과 기존의 방법간에 10% 이상의 큰 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 표준 amylose를 동종의 amylose로 사용하고 보정한다면 좀더 정확한 정량이 되리라고 생각된다. 본 실험에서도 iodine 법으로 정량한 값과 약간의 차이가 있으나 위와 같은 차이보다는 훨씬 적은 값으로 잘 일치한다고 볼 수 있다. 또한 본 실험에서 사용한 감자 amylose 대신 쌀에서 추출한 amylose를 표준 물질로

Table 3. Amylose content of Indica and Japonica determined by DSC and starch-iodine blue test.

Type	Variety	Amylose content (%)	
		DSC	Starch-iodine blue test
Indica	Samgang	17.6	18.3
	Suwon 332	16.7	18.4
	Taebag	16.5	20.0
	Iri 362	19.3	19.1
	Pungsan	19.5	20.5
	Average	17.9	19.3
Japonica	Chuchung	19.1	20.0
	Suwon 330	18.4	20.7
	Nakdong	18.4	20.4
	Iri 367	18.1	19.5
	Sang pung	16.3	20.6
	Average	18.1	20.2

사용한다면 더욱 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

Amylose 함량은 쌀의 취반 특성 및 식미차이에 영향을 미치는 가장 중요한 인자로 알려져 있는데<sup>(16)</sup>, Juliano 등<sup>(17)</sup>은 high-amylose rice의 취반미는 푸석 푸석하고 건조했으나 low-amylose rice(10-20% amylose)의 취반미는 찰기가 있고 수분이 촉촉함을 관찰했다. 또한 김과 채 등<sup>(18)</sup>은 amylose가 쌀밥의 찰기를 결정하는 주된 인자라고 하였다. 한편 국내에서 생산되는 다수계와 일반계 쌀간에는 식미의 뚜렷한 차이를 보이고 있는데 이는 다수계 쌀의 amylose 함량이 일반계 쌀보다 높다는 보고에 따라 amylose 함량의 차이 때문으로 추측해왔다. 그러나 김 등<sup>(20)</sup>은 다수계 및

일반계 각 7품종에 대하여 amylose 함량을 정량한 결과 대부분이 18-19.5%였으며 두 계통간에도 큰 차이를 보이지 않았는데 이는 DSC 법을 이용한 본 실험과 일치하는 결과이다. 따라서 amylose 함량을 일반계 및 다수계 쌀의 식미차이의 주된 인자로 보기에는 한계가 있는 것으로 생각된다.

**Lysolecithin 이 호화에 미치는 영향**

낙동쌀에 lysolecithin 을 첨가한 것과 첨가하지 않은 것에 대한 DSC thermogram 을 Fig. 4에 나타내었다. Lysolecithin 을 첨가했을 때 complex 의 melting peak 의 온도범위는 넓어졌으며 melting enthalpy 는 0.32 cal/g 에서 1차 가열시 0.74 cal/g 으로, 2차 가열시 1.06 cal/g 으로 크게 증가하였다 (Table 4). 반면에 호화 peak 의 온도범위는 65.0°C 에서 81.5°C 로서 control 의 65.5-81.0°C 와 일치하였고 호화 enthalpy 는 1.5 cal/g 에서 0.99 cal/g 으로 크게 감소하였다. 이와 같은 이유는 호화과정 중에 일어나는 complex 형성반응이 발열반응이기 때문이다<sup>(12)</sup>.

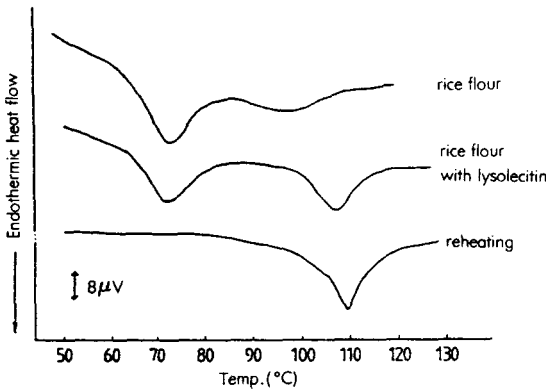


Fig. 4. DSC thermograms of rice flours with and without lysolecithin.

Chungcharoen 등<sup>(24)</sup>은 90% glyceryl monostearate 를 포함하는 surfactant 첨가시 쌀전분의 호화온도가 다소 높아진다고 하였다. Chiashi 등<sup>(25)</sup>도 같은 결과를 얻은 후 첨가한 surfactant 의 fatty acid 가 amylose 와 complex 를 형성하여 전분의 팽윤과 용해를 억제하므로써 호화온도를 증가시킨다고 하였다. 이는 본 실험과 상이한 결과인데, Chungcharoen 등은 전분과 surfactant 를 pan 밖에서 미리 균일하게 혼합시켜 가열 전에 complex 가 형성되도록 하였으나 본 실험에서 lysolecithin 을 직접 DSC pan 에 넣어 가열 중 호화과정에서 complex 가 형성되도록 했기 때문으로 생각된다. 한편 lysolecithin 을 첨가한 쌀의 경우에는 complex peak 온도가 control 의 경우보다 상당히 높았는데 (Table 4), 이는 Russell 등<sup>(26)</sup>이 pronase-prepared rice starch 에 lysolecithin 을 첨가 후 더 높은 peak 온도를 얻은 것과 일치하는 경향이다.

**요 약**

DSC 를 이용하여 쌀에 존재하는 amylose-lysolecithin complex 의 열특성을 측정하고 국내에서 재배되는 다수계 및 일반계 쌀 각각 5품종의 amylose 함량을 정량하였다. DSC pan 상에서 쌀가루에 충분한 양의 lysolecithin 을 첨가하여 amylose-lysolecithin complex 가 충분히 생성되도록 한 후 다시 2차 가열하여 complex 의 용융현상을 측정하였다. Complex 의 용융온도는 108.5°C 부근이었으며 용융엔탈피는 1.0 cal/g starch 였다. 이 용융엔탈피로부터 amylose 함량을 계산한 결과 16-19%였으며 일반계 및 다수계 쌀 간에는 큰 차이가 없었다. 이 값은 비색법에 의해 측정된 값과 비교적 잘 일치하였다. 쌀 전분의 호화온도는 lysolecithin 첨가에 의해 영향받지 않았으나 호화엔탈피는 감소하였다.

Table 4. Comparison of DSC characteristics of rice flours<sup>b)</sup> with and without lysolecithin.

Treatment heating <sup>a)</sup>	Peak 1				Peak 2			
	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (cal/g)	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (cal/g)
Control	65.5	73.0	81.0	1.50	87.5	101.0	107.5	0.32
Lysolecithin I	65.0	72.5	81.5	0.99	100.0	107.0	113.0	0.74
II					98.3	109.8	115.0	1.06

a. I; first heating, II; second heating  
 b. Nagdong (Japonica type)

문 헌

1. Carlson, T.L.-G., Larsson, K., Dinh-Nguyen and Krog, N.: A Study of the amylose-monoglyceride complex by Ramon Spectroscopy. *Stärke*, **31**, 222 (1979)
2. Hoover, R. and hadziyev, D.: Characteristics of potato starch-monoglyceride complexes. *Stärke*, **33**, 290 (1981)
3. Krog, N.: Amylose complexing effect of food grade emulsifiers. *Stärke*, **23**, 206 (1971)
4. Harbitz, O.: Gel formation of potato starch in the presence of a surfactant. *Stärke*, **35**, 198 (1983)
5. Mikus, F.F., Hixon, R.M. and Rundle, R.E.: The complexes of fatty acids with amylose. *J. Am. Chem. Soc.*, **68**, 1115 (1946).
6. Stute, R. and Konieczny-Janda, G.: DSC-Untersuchungen an Starcken. *Stärke*, **35**, 340 (1983).
7. Acker, L. and Becker, G.: Über die lipide der getreide Starcken. *Stärke*, **23**, 419 (1971).
8. Maningat, C.C. and Juliano, B.O.: Starch lipids and their effect on rice starch properties. *Stärke*, **32**, 76 (1980)
9. Daftar, R.D., Pomeranz, Y., Shogren, M. and Finney, K.F.: Functional bread-making properties of wheat flour lipids. *Food. Technol.*, **22**, 327 (1968)
10. Ohashi, K., Goshima, G., Kusuda, H. and Tsuge, H.: Effect of embraced lipid on the gelatinization of rice starch. *Stärke*, **32**, 54 (1980)
11. Mercier, C., Charbonniere, R., Grebaut, J. and dela Gueriviere, J.F.: Formation of amyloselipid complexes by twin-screw extraction cooking of manioc starch. *Cereal Chem.*, **57**, 4 (1980).
12. Kugimiya, M., Donovan, J.W. and Wong, R.Y.: Phase transitions of amylose-lipid complexes in starches. *Stärke*, **32**, 265 (1980).
13. Kugimiya, M. and Donovan, J.W.: Calorimetric determination of the amylose content of starches based on formation and melting of the amyloselysolecithin complex. *J. Food Sci.*, **46**, 765 (1981)
14. Evan, I.D.: An investigation of starch/surfactant interactions using viscometry and Differential Scanning Calorimetry. *stärke*, **38**, 227 (1986)
15. Raphaelides, S. and Karkalas, J.: Thermal Dissociation of amylose-fatty acid complexes. *Carbohydr. Res.*, **172**, 65 (1988)
16. Juliano, B.O.: The chemical basis of rice grain quality. In *Proceeding of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, IRRI, Los Banos, p. 69 (1979)
17. Juliano, B.O., Onate, L.U. and del Mundo, A.M.: Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperatures to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technol.* **19**, 1006 (1965)
18. 김성근, 채제천, 임무상, 이정행: 쌀의 아밀로스 함량과 물리적 특성간의 상호관계. *한국작물학회지*, **30**, 320(1985)
19. 김재욱, 이계호, 김동연: 한국쌀의 품질에 관한 연구. *한국농화학회지*, **15**, 65(1972)
20. 김성근, 채제천: 쌀의 화학적 특성과 물리적인 특성과의 관계. *한국작물학회지*, **28**, 281(1983)
21. Juliano, B.O.: A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci. Today*, **16**, 334 (1971)
22. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R.: Starch gelatinization phenomena studied by Differential Scanning Calorimetry. *J. Food Sci.*, **45**, 1669 (1980)
23. 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)
24. Chungcharoen, A. and Lund, D.B.: Influence of solutes and water on rice starch gelatinization. *Cereal Chem.*, **64**, 240 (1987)
25. Ghiashi, K. and Varriano-Marston, E.: Gelatinization of wheat starch II. Starch-surfactant interaction. *Cereal Chem.*, **42**, 429 (1982)
26. Russell, P.L. and Juliano, B.O.: Differential Scanning Calorimetry of rice starches. *Stärke*, **35**, 382 (1983)

(1989년 6월 22일 접수)