

## 찰 전분의 노화특성에 관한 연구

김형수 · 이미숙 · 우자원  
연세대학교 식생활학과

### Retrogradation Properties of Waxy Starches

Hyong-Soo Kim, Mi-Sook Lee and Ja-Won Woo

Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul

#### Abstract

The retrogradation properties of waxy starches isolated from waxy rice(Shin sun, Tong il), waxy barley(Suwon # 227), waxy indian millet, waxy millet and Jobs tears(Yullmoo) were investigated. The extent of retrogradation determined by the glucoamyase method during freeze-thaw treatment and storage in low temperature(0-5°C) showed that six kinds of waxy starches were very slowly retrograded. The order of the retrogradation tendencies of these starches were waxy indian millet > Suwon # 227 Waxy millet > Yullmoo > Tong il > Shin sun. Waxy indian millet and Suwon # 227 starches were distinctively retrograded compared with other starches. Retrogradation properties observed during freeze-thaw 30 cycles were similar to those of storage for 30 days at 0-5°C. Suwon # 227, which has been the only recommended variety in our nation, was composed of 15% of non-waxy starch and 85% of waxy starch granule.

Key words: retrogradation, waxy starch, glucoamyase

#### 서 론

Conford<sup>(1)</sup>는 전분의 노화란 분자들의 규칙적인 배열에 의한 물리적인 현상이라 하였다. 곡류 등의 전분질 식량은 대부분 에 전분(non waxy starch)을 주성분으로 하고 있고 이 에 전분은 아밀로오스와 아밀로펙틴이 약 1:4의 비율로 구성되어 있어 노화가 쉽게 일어난다. 노화가 일어난 식품은 맛이 떨어지고 소화가 지연되어 전분질 식품의 품질 저하의 주된 원인이며 모든 전분질 식품의 공통적인 현상으로 전분의 가공 및 이용에 문제점을 야기하고 있다<sup>(2)</sup>. 한편 아밀로펙틴만으로 구성된 찰 전분에 관하여 김등<sup>(3)</sup>은 찰쌀의 품종에 따른 이화학적 성질의 차이에 대해서 특히 팽화력이 차이가 난다고 보고하였고 윤등<sup>(4)</sup>은 찰보리(품종: 창영, 스미레) 전분에는 4%의 아밀로오스가 함유되었다고 한다. 우등<sup>(5)</sup>은 울무 전분이 찰 전분으로 되었고 그것의 팽화력은 다른 찰 전분보다 높다고 보고하였고 大坪등<sup>(6)</sup>은 정맥 울무의 팽화력이 높다고 보고하였다. 송등<sup>(7)</sup>은 찰벼중 3품종(한강, 수원 # 317, 울찰)간에 점성의 차이가 있다고 하였고 양등<sup>(8)</sup>은

찰쌀로 부수계 제조에 관하여 보고했으며 이등<sup>(9)</sup>은 찰쌀의 품종에 따른 찰쌀떡의 조직감이 다르다고 보고하였다. 저자<sup>(10)</sup>등은 6종의 찰 전분(울찰, 한강, 찰보리, 찰수수, 차조, 울무)의 입자 형태, X-선 회절등 몇가지 이화학적 특성을 비교하였으며 전분의 종류에 따라 성질이 다소 다르다고 보고하였다. 본 실험에서는 2종의 찰벼(신선찰벼, 통일찰벼), 찰보리(수원 227호), 찰수수, 차조, 울무 등의 찰 전분을 대상으로 몇가지 노화에 관한 특성을 검토하여 상호 비교하였다.

#### 실험 재료 및 방법

##### 재료

1986년산 신선찰벼, 통일찰벼, 찰보리, 찰수수, 차조 5종은 수원 농촌진흥청 맥류 연구소와 서울대학교 농과대학 시험농장 등에서 생산한 것을 분양받았고 울무는 충북 충주에서 재배된 것을 서울 경동시장에서 구입하여 사용하였다.

##### 전분의 조제와 일반 성분

전분은 Wilson 등<sup>(11)</sup>의 알칼리침지법을 수정하여 분리 정제하였으며 조제된 전분의 수분, 회분, 조단백질, 조지

Corresponding author: Hyong-Soo Kim, Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Shinchondong 134, Seodaemun-gu, Seoul 120-749

방 함량은 AOAC<sup>(12)</sup>법에 따랐다.

### 전분의 호화

시료 전분 1g에 증류수 9.0ml를 가해 10% 전분 농도로 한 후 끓는 물에서 10분간 호화시켜, 121°C에서 15분간 가압 가열하였다.

### 전분의 노화

호화된 시료를 상온에서 20분간 방치한 후 시료의 3배량에 해당하는 99% 에탄올을 가해 막자사발 내에서 신속히 마쇄하면서 연속적으로 탈수시켜(3회 반복) 1G-3 유리 여과기 상에서 감압 여과한 후 여과기 위에서 아세톤으로 2회 탈수하여 표준 시료로 하였다. 호화시킨 시료 중 일부는 -26°C 냉동고에 넣어 3시간 냉동시킨 후 꺼내 실온에서 1시간 방치하여 해동하는 과정을 1일 3회 반복하여 총 20회와 30회 반복한 후 마지막 해동된 겔을 전술한 방법으로 탈수, 건조하여 냉동, 해동 반복 시료로 삼았다. 한편 호화 시료의 일부는 0~5°C에서 20일, 30일 저장하여 노화시킨 후 전술한 방법으로 탈수, 건조하여 냉장 시료로 하였다.

### 호화도 측정<sup>(13,14)</sup>

상기의 건조 시료를 글루코아밀라아제(Sigma Co.)로 소화시켜 생성된 글루코오스 함량을 Somogyi-Nelson 법에 의해 측정, 호화도 및 노화도를 계산하였다. 즉 건조 시료 100mg을 용량 100ml의 유리 균질기 시험관에 취하고 8ml의 증류수를 가해 균일한 현탁액을 만들었다. 이 현탁액중 2ml씩을 2개의 시험관에 취해 현탁액(A)와 완전 호화액(B)로 했다. i) 현탁액(A)에는 2M 초산 완충용액(pH 4.8) 1.6ml와 증류수 0.4ml를 넣었으며 ii) 완전 호화액(B)에는 10N 수산화나트륨용액 0.2ml를 가하여 실온에서 완전히 용해한 후 2N 초산용액 1.6ml를 가해 pH가 4.8이 되도록 충분히 섞어준다. 여기에 증류수 0.2ml를 가해 전체 4ml가 되게 했다. iii) Blank 용액은 현탁액과 동일한 조건으로 했다. (A)와 (B)에는 글루코아밀라아제 효소액(2.6 unit/ml)을 1ml씩 가하고 Blank에는 불활성화시킨 효소액(100°C에서 30분간 열처리한 것)을 가하여 37°C에서 60분간 반응시켰다. 효소 분해중 10~15분 마다 시료를 교반해 주며 반응이 끝난 후 반응액 0.5ml을 25mM 염산용액 10ml가 들어 있는 원심관에 가하고 수차 상하로 흔든후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하고 이 상층액 0.5ml을 취해 Somogyi-Nelson<sup>(15)</sup>법으로 환원당을 정량하였다.

$$\text{호화도}(\%) = \frac{Sh}{Sa} \times 100$$

$$100 - \text{호화도} = \text{노화도}$$

$$Sh = q - \bar{q}, Sa = p - \bar{q}$$

q : 현탁액의 흡광도

p : 완전 호화액의 흡광도

$\bar{q}$  : 현탁액과 동일 조성이며 불활성화시킨 효소액을 넣은 blank 용액의 흡광도

### X-선 회절<sup>(16)</sup>

전분 시료를 10×20×2mm의 알미늄 상자에 충전하여 X-선 회절기(Rigaku Co., Japan)를 사용하여 다음의 조건으로 회절도를 얻어 전분의 결정성을 관찰하였다. target CuK $\alpha$ , filter: Ni, 전압: 30kv, 전류: 15 mA, dispersion slit: 1°, receiving slit: 0.3mm, time constant: 0.5sec, scanning speed: 4°/min, chart speed: 400mm/min, full scale: 200Cps, reflection angle:  $2\theta = 4^\circ \sim 30^\circ$

### $\beta$ -아밀라아제에 의한 분해 한도 측정<sup>(17)</sup>

호화, 탈수, 건조시킨 시료 3mg에 에탄올 0.02ml를 가한 후 0.5M 수산화나트륨용액 0.3ml로 용해한 다음 1M 초산용액으로 pH를 4.8로 조정하고  $\beta$ -아밀라아제(12unit/mg) 0.0429g을 증류수에 녹여 25ml로 한 용액 2.45ml를 가해 전체를 3ml로 했다. 이것을 30°C에서 30분간 보온한 후 각각 0.1ml씩 취하여 Somogyi-Nelson 법으로 정량된 말토오스로서 표준 곡선을 그려 정량하였다. 한편 동일 용액 0.1ml씩을 취하여 Anthrone 황산법<sup>(18)</sup>으로 총당을 측정하여 글루코오스의 표준 곡선을 그려 정량하였다. 즉 시료액에 증류수를 가해 5ml로 한 용액에 Anthrone 시약(0.2% Anthrone 황산용액) 10ml를 흐르는 물에서 냉각시키면서 가하고 끓는 물에서 7분 30초 가열한 후 급속히 냉각시킨 다음 20분 방치한 후 630nm에서 흡광도를 측정하고 표준 곡선에 의하여 정량하였다. Anthrone 황산법으로 총당을 구한 후 0.9를 곱해 전분량으로 한 것과 생성된 말토오스에 0.95를 곱해 전분량으로 환산한 것의 비율을  $\beta$ -amylolysis의 값으로 하고 전체에서 이 수치를 감한 것을 한계 덱스트린의 값으로 하였다.

$$\beta\text{-amyloysis}(\%) = \frac{Sm}{St} \times 100$$

$$\text{limit dextrin}(\%) = \frac{St - Sm}{St} \times 100$$

St : glucose에 0.9를 곱한 전분량

Sn : maltose 에 0.95를 곱한 전분량

**찰보리 전분 입자의 현미경 관찰<sup>(19)</sup>**

50% 글리세린 수용액에 전분 농도 5%가 되도록 6종의 찰 전분 시료를 각각 분산시키고 0.02% 요오드 용액으로 염색하여 전분 입자의 염색도를 광학 현미경(Ni-kon Fx-35)으로 400배 확대하여 관찰하였다.

**결과 및 고찰**

**시료 전분의 일반 성분**

분리 정제된 각 찰 전분 시료의 일반 성분을 측정할 결과는 표 1과 같다.

Table 1. Proximate composition of waxy starches

Sample	Mois- ture	Crude ash	Crude fat	Crude* protein
Waxy rice (Shin sun)	10.2	0.15	0.05	0.22
Waxy rice (Tong il)	9.9	0.16	0.03	0.22
Waxy barley (Suwon #227)	8.0	0.15	0.03	0.17
Waxy indian millet	10.5	0.13	0.00	0.12
Waxy millet	12.7	0.18	0.04	0.12
Job's tears (Yullmoo)	9.7	0.15	0.08	0.19

\* Nitrogen factor: 6.25

이들 전분의 일반 성분은 약간의 차이가 있으나 조지방은 0.1% 이내로 아주 낮은 값을 보였다. Yamamoto 등<sup>(20)</sup>은 쌀 가루를 0.2% 수산화나트륨 용액으로 5°C에서 3시간 진탕 교반함으로써 98%의 단백질, 90%의 지질 및 85%의 회분이 용해되어 제거된다고 보고했다.

**글루코아밀라아제법에 의한 호화도 및 노화도**

냉동, 해동 반복에 의해 노화처리하여 글루코아밀라아제로 호화도를 측정할 결과는 표 2와 같다.

전분의 호화도의 감소는 노화가 진행되고 있는 것을 의미하며 호화 직후의 호화온도를 기준으로 하여 냉동, 해동 회수를 1일 3회 반복하여 20~30회를 거듭한 노화 시료를 글루코아밀라아제로 호화도를 측정할 결과 신선찰벼>통일찰벼>울무>차조>찰보리>찰수수의 순으로 나타났다. 또한 신선찰벼를 제외하고는 20회와 30회에서 모두 호화도가 감소하는 경향을 보여 주었다. 냉동, 해동

Table 2. Changes in the degree of gelatinization of waxy starches during freeze-thaw treatment

Sample	Number of freeze-thaw cycle		
	0 cycle	20 cycle	30 cycle
Waxy rice (Shin sun)	100	100	99
Waxy rice (Tong il)	100	96	94
Waxy barley (Suwon #227)	100	82	74
Waxy indian millet	100	75	64
Waxy millet	100	85	79
Job's tears (Yullmoo)	100	93	89

의 반복은 특히 찰수수나 찰보리의 겔에서 해면 조직과 같은 질감을 보였고 찰쌀은 외관상의 변화가 가장 적게 일어났음을 관찰할 수 있었다. 0~5°C에서 각각 20일과 30일 저장함으로써 노화된 전분 겔의 호화도를 측정할 결과는 표 3과 같다.

냉장 20일과 30일의 경우 호화도는 신선찰벼>통일찰벼>울무>차조>찰보리>찰수수의 순으로 나타나서 냉동, 해동 반복의 결과와 비슷한 경향을 보였다. 신선찰벼는 노화가 대단히 느릴 것으로 추정되며 통일찰벼와 울무의 경우는 노화도가 신선찰벼 보다는 높은 경향이다. 그 다음은 차조 찰보리의 순으로 노화가 진행되었으며 찰수수는 다른 찰 전분에 비하여 그 노화성이 가장 높은 편이다. 이와 같은 노화 순서는 표 2의 경우와 비슷하였다. 김<sup>(21)</sup>은 아밀로오스가 전분의 결정화 초기에 아밀로펙틴과 함께 영향을 주며 그후는 아밀로펙틴만이 전분의 결정화를 좌우하게 된다고 하였다. 또한 고농도의 전분 겔에서는 아밀로오스 및 아밀로펙틴이 같이 섞이게 되어 아밀로오스와 아밀로펙틴의 바깥 가지들이 알맞게 배열되면

Table 3. Changes in the degree of gelatinization of waxy starches stored at 0~5°C

Sample	Days of cold storage		
	0 day	20 day	30 day
Waxy rice (Shin sun)	100	100	100
Waxy rice (Tong il)	100	91	87
Waxy barley (Suwon #227)	100	85	78
Waxy indian millet	100	79	69
Waxy millet	100	87	85
Job's tears (Yullmoo)	100	90	86

이들 사이에 수소 결합이 가능케 되어 같이 침전한다고 하였다. 윤등<sup>(4)</sup>은 찰보리 전분의 아밀로오스 함량이 4%로 다른 찰 전분에 비해 특이하다고 하였으며 2°C에서 저장시 완만하게 노화되었다고 보고하였다. 우등<sup>(5)</sup>은 울무 전분이 거의 노화되지 않았다고 했는데 본 실험에서도 찰쌀 다음으로 노화 정도가 낮았다. 김등<sup>(22)</sup>은 통일계 찰쌀밥의 노화도는 재래 찰쌀밥에 비해 다소 높은 편이라 하였는데 이는 본 실험의 결과와 일치하고 있다.

**X-선 회절**

전분 입자는 결정성의 부분이 있으며 X-선 회절도로써 개 결정자의 크기를 나타내고 있는데 6종의 찰 전분에 대한 X-선 회절도를 생 전분(A) 냉동, 해동 30회(B), 냉장 30일(C) 호화 전분(D)의 순으로 그림 1~6에 제시하였다.

이들 찰 전분 모두가 생 전분일 때는 reflection angle  $2\theta=15.3^\circ(3b)$ ,  $17.1^\circ(4a)$ ,  $18.2^\circ(4b)$ ,  $2.5^\circ(6a)$ 에서 강한 peak를 보여 A 도형의 전형적인 특징을 나타내었다<sup>(23)</sup>. 신선찰벼의 경우는 호화시 생 전분 peak가 모두 사라져 결정성 영역이 줄어들고 무정형 상태가 되었다가 냉장하거나 냉동, 해동을 반복함으로써 노화를 촉진한 후에 글루코아밀라아제로 호화도를 측정했을 때 냉동, 해동 30회 처리 시료가 냉장 시료보다 4a peak가 경미하게 증가된 것을 제외하고는 거의 차이가 없었다. 통일

찰벼는 신선찰벼 보다 생 전분의 3b, 4a, 4b, 6a peak가 강하게 나타났으며 일반계 찰쌀 전분보다 노화가 다소 빨리 진행되어 이등<sup>(9)</sup>의 찰쌀떡의 노화성 결과와 일치하였다. 찰보리와 찰수수 전분은 X-선 회절도에서 유사한 양상을 보였으며 냉장 저장이나 냉동, 해동 반복시 비교적 빠른 노화성을 나타냈다.

차조와 울무도 저온 처리시에 회절강도가 증가하여 다소 노화가 진행되는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 X-선 회절도로써 6종의 찰 전분 시료중 가장 노화성이 낮다고 보여지는 것은 신선찰벼이며 그 외의 찰 전분들은 다소 노화가 진행된 것으로 관찰되었다. 김등<sup>(24)</sup>은 회절도의 폭이 좁고 예리할 수록 결정자의 크기는 크다고 하였으며 Banks<sup>(25)</sup> 등에 의하면 전분의 결정성은 아밀로펙틴 구성물로 인한 것이고 찰쌀 전분<sup>(25)</sup>이나 찰보리 전분<sup>(4,26)</sup>의 회절도가 멍쌀이나 메보리 전분의 것보다 더 예리하다고 보고하였다. 또한 우등<sup>(5)</sup>도 찰 전분인 울무 전분의 회절도가 메 전분인 여주 전분의 것보다 더 예리하다고 보고하였다.

**$\beta$ -아밀라아제에 의한 분해도**

호화, 탈수, 건조 과정을 거친 시료에  $\beta$ -아밀라아제를 작용시켜 생성된 말토오스와 한계 덱스트린의 비율을 구한 결과는 표 4와 같다.

본 실험에서 한계 덱스트린의 % 크기는 신선찰벼 > 통

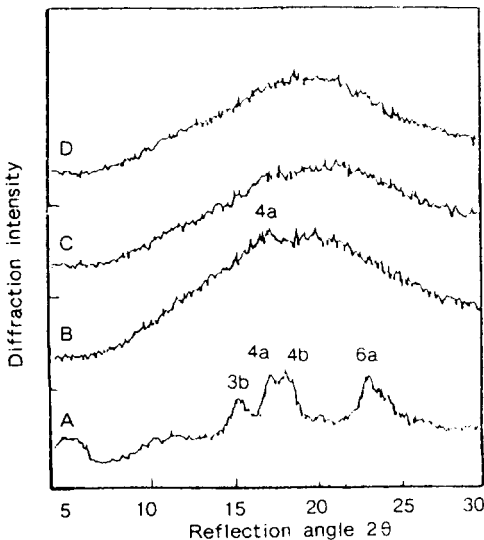


Fig. 1. X-ray diffractogram of waxy rice(Shin sun)

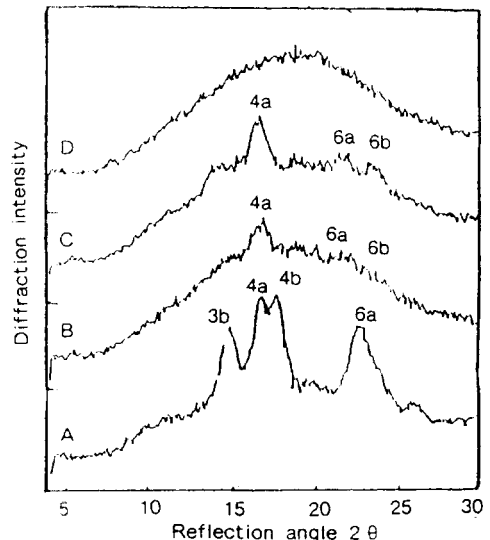


Fig. 2. X-ray diffractogram of waxy rice(Tong il).

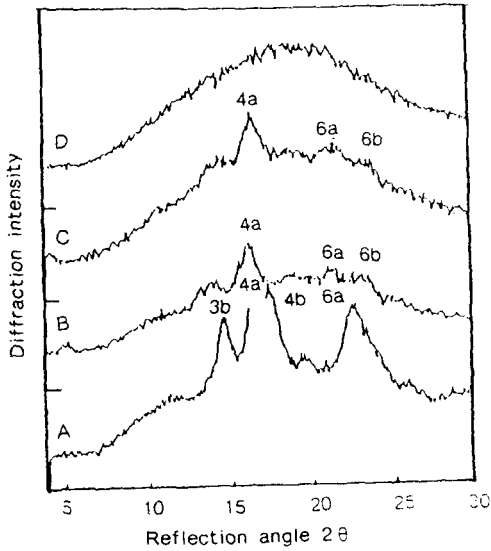


Fig. 3. X-ray diffractogram of waxy barley(Suwon # 227).

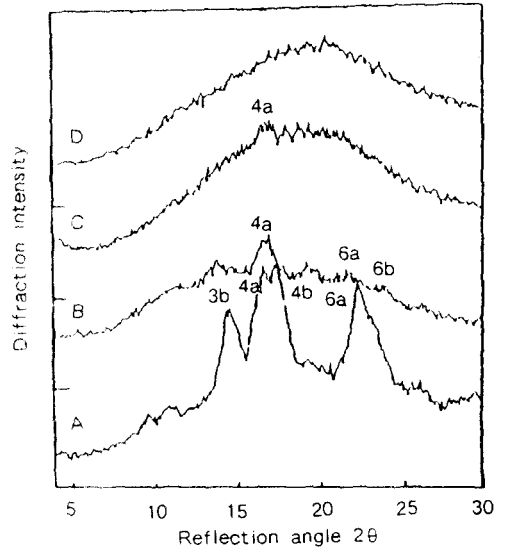


Fig. 5. X-ray diffractogram of waxy millet.

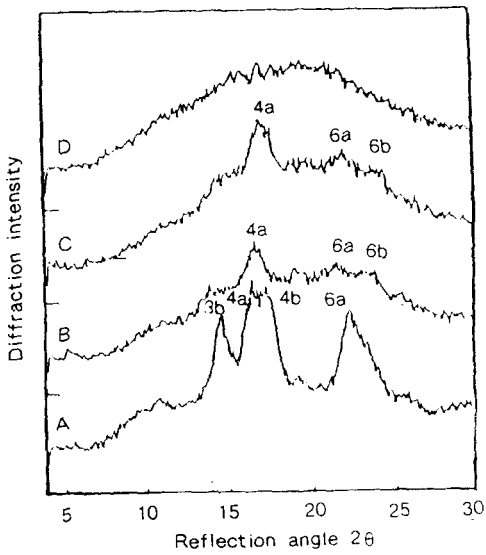


Fig. 4. X-ray diffractogram of waxy Indian millet

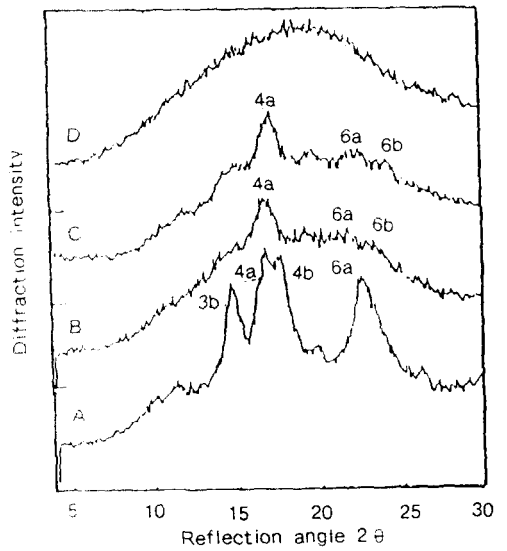


Fig. 6. X-ray diffractogram of Jon's tears(Yullmool).

일찰벼>울무>차조>찰보리>찰수수의 순으로 나타났고  $\beta$ -amylolysis는 이와 반대로 나타났다. Suzuki<sup>(17)</sup> 등은 감자, taproca, kuzu 전분등의 에 전분으로부터 아밀로펙틴을 분리하여 이들의 노화도를 글루코아밀라아제법으로 측정한 바  $\beta$ -아밀라아제에 의한 분해도가 높을수

록, 또는 아밀로펙틴의 사슬길이가 길수록 크다고 보고하였다. 시료 찰 전분에서의  $\beta$ -amylolysis 비율은 61% (신선찰벼)에서 71%(찰수수)로  $\beta$ -amylolysis가 많이 일어난 찰 전분들은 분지상의 사슬길이가 큰 전분으로 아밀로오스가 혼입된 것으로 볼 수도 있다.

Table 4. The result  $\beta$ -amylolysis of waxy starches  
(unit: %)

Sample	$\beta$ -amylolysis	Limit dextrin
Waxy rice (Shin sun)	61	39
Waxy rice (Ton il)	64	36
Waxy barley (Suwon #227)	69	31
Waxy indian millet	71	29
Waxy millet	68	32
Job's tears (Yullmoo)	65	35

### 찰보리 전분 입자의 현미경 관찰

6종의 찰 전분 입자를 요오드 염색하여 광학 현미경으로 관찰한 바 찰 전분 입자는 보라색으로, 메 전분 입자는 흑청색으로 염색되어 쉽게 구별할 수 있다. 곡류의 한 알로부터 전분을 분리한 후 염색하여 관찰한 바 6종의 찰 전분 중에서 5종의 찰 전분은 100% 보라색으로 염색되었으나 찰보리(수원 227호)의 경우만은 보리 낱알 하나에서 그림 7과 같이 뚜렷한 두가지 색으로 염색되었으며, 메 전분으로 보이는 입자가 약 15% 혼입되어 있는 것을 관찰하였다.

김등<sup>(27)</sup>은 여러 품종의 보리의 아밀로오스 함량이 27%라 하였는데 보리 한알중의 메 전분 입자의 혼입도가 약 15% 이라면 찰보리의 아밀로오스 함량은 약 4%가 되어 윤등<sup>(4)</sup>이 보고한 보리 전분의 아밀로오스 함량과 일치한다. 찰보리 전분중에 아밀로오스 함량이 높다는 점은 그것의 노화성이 커지는 요인이 될 것으로 추정되며 찰 전

분의 이용면에서 제한 인자가 될 수도 있을 것이므로 앞으로 찰보리 육종에 고려되었으면 한다.

### 요 약

재래 찰벼 신선찰벼와 다수계 찰벼, 통일찰벼 및 찰보리(수원 227호), 찰수수, 차조, 울무등의 전분을 분리하여 노화 특성에 관하여 글루코아밀라아제에 의한 노화도 측정법, X-선 회절법,  $\beta$ -amylolysis 등으로 비교 측정 한 결과는 다음과 같다.

첫번째, 6종의 찰 전분을 0~5°C에서 20일, 30일 저장했을 때와 냉동, 해동 반복을 20회, 30회 했을 때 노화 속도가 대단히 느리다.

두번째, 노화가 잘되는 순서는 찰수수>찰보리>차조>울무>통일찰벼>신선찰벼의 순이었으며 찰수수와 찰보리는 다른 전분에 비하여 노화가 잘 되었다.

세번째, 노화를 촉진하는 인자로서 냉동, 해동 30회 반복은 0~5°C 냉장 30일과 비슷한 경향을 보였다.

마지막으로, 우리나라에서 단 하나의 장려 품종인 찰보리(수원 227호)는 보리 한알속에 메 전분 입자가 약 15% 혼입되어 있으며 앞으로 찰보리 육종에 참고로 하였으면 한다.

### 감사의 글

이 논문은 1987년도 학술연구조성비에 의한 자유공모 과제로 선정되어 연구가 이루어졌으며 당국에 사의를 표합니다.

### 문 헌

1. Conford, S.J., Axford, D.W.E., and Elton, G.A.M. : The elastic modulus of bread crumb in linear compression in relation to staling. *Cereal Chem.*, **41**, 216(1964)
2. 김성근: 빵의 노화에 미치는 전분의 역할, 화학과 공업의 진보, **23**(12), 819(1983)
3. 김형수·강옥주·윤계순: 다수계 찰벼와 일반 찰벼 성분의 이화학적 성질, 한국농화학회지, **26**(4), 211(1983)
4. 윤계순·강옥주·김형수: 찰보리 전분의 이화학적 특성, 한국농화학회지, **27**(2), 79(1984)
5. 우자원·윤계순·김형수: 울무와 염주 전분의 이화학적 특성, 한국농화학회지, **28**, 19(1985)



Fig. 7. The photomicrograph of waxy barley starch granules(Suwon # 227)×400

6. 大坪研一, 柳瀬肇, 橋本勝彦, 農島英親, 戸谷昭夫 : Extrusion cooking suitability of Hatomugi(Job's Tears) and improvement of processing. *日本食品工業學會誌*, **31**, 596(1984)
7. 송법호·김성근·이규환·변유량·이신영 : 일반계 및 다수계 찹쌀 전분의 점성특성, *한국식품과학회지*, **17**, 107(1985)
8. 양희천·홍재식·김중만 : 부수계 제조에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **41**(2), 141(1982)
9. 이인의·이혜수·김성근 : 찹쌀떡의 저장중 텍스처 변화, *한국식품과학회지*, **15**(4), 379(1983)
10. 우자원·윤계순·허문희·김형수 : 6종의 찹 전분의 몇가지 특성 비교, *한국농화학회지*, **28**(3), 137(1985)
11. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.F. : Isolation and characterization of starch from mature soy beans. *Cereal Chem.*, **55**(5), 661(1978)
12. A.O.A.C. : *Official Methods of Analysis*, 12th ed., Association of Official Analytical Chemists' Washington, D.C. (1975)
13. Toyama, T., Hizukuri, S., and Nikuni, R. : Estimation of starch gelatinization by means of glucoamylase. *J. of the Tech. Soc. of Starch*(Japan), **13**(3), 69(1966)
14. Kamoi, I., Shinozaki, Matsumoto, S., Tanimura, W., and Obara, T. : Changes of gelatinization degree and physical properties of stored gelatinized rice after cooking. *Nippon shokuhin Kogyo Kakkai*, **25**(8), 431(1978)
15. 鈴木繁男, 中村道徳 : 澱粉科學實驗法, 朝倉書店, 東京, p. 84(1979)
16. 檜作進 : 澱粉粒의 X-線回折, 澱粉科學ハンドブック, 朝倉書店, 東京, p.208(1977)
17. Suzuki, A., Takeda, Y., and Hizukuri, S. : Relationship between the molecular structure and retrogradation properties of Tapioca potato and Kuzu starches. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **32**, 205(1985)
18. 二國二郎, 中村道徳, 鈴木繁男 : 澱粉科學ハンドブック, 朝倉書店, 東京, p.190(1977)
19. 조재선 : 고사리 뿌리 전분의 이화학적 특성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **10**(6), 57(1978)
20. Yamamoto, K., Sawada, S., and Onogaki, T. : Properties of Rice starch prepared by Alkali method with various condition. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **20**(3), 99(1973)
21. 김성근 : 전분의 역할을 중심으로 본 빵의 노화 현상, *한국식품과학회지*, **8**(3), 185(1976)
22. 김형수·문수재·손경희·허문희 : 통일찹쌀의 가공 및 조리특성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **9**(2), 144(1977)
23. Zobel, H.F. : *Methods in Carbohydrate Chemistry*(IV), Academic Press, New York, N.Y., p.109(1964)
24. 김형수·이기열·최이순 : 맥분의 이용에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **4**(3), 77(1972)
25. Banks, W. and Greenwood, C.T. : *Starch and Its Components*, John Wiley and Sons Inc., Chichester, p.242(1975)
26. Goering, K.J., Eslick, R., and Dehaas, B.W. : A study of cooking viscosity curves of 12 Barley Genotypes. *Cereal Chem.*, **47**, 592(1970)
27. 김용휘·김형수 : 보리 전분의 특성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, **6**(1), 31(1974)

(1988년 7월 12일 접수)