

## 습열처리 변성 쌀을 이용한 식혜제조

육 철 · 조석철\*

영동공과대학교 생명공학부, \*두산인재기술개발원

### Application of Heat/Moisture-Treated Rices for *Sikhe* Preparation

Cheol Yook and \*Seok-Cheol Cho

Faculty of Life Science and Engineering, Youngdong Institute of Technology  
\*Doosan Training & Technology Center

#### Abstract

Physically modified rices were prepared by heat/moisture-treatment and its application for *sikhe* preparation was examined. The modified rice starch showed decreases in swelling, viscosity and enthalpies of gelatinization. But gelatinization temperature was increased by the treatment. The rate of saccharification for *sikhe* with the heat/moisture-treated rice autoclaved at 15 psi, 121°C for 1 hr was twice higher than the untreated rice. Brix in *sikhe* of the untreated rice saccharified for 2 hrs was 8.2, whereas *sikhe* made with rice autoclaved for 1 hr was 8.7 only after 1 hour of saccharification. However, there was no difference in sugar composition analyzed by HPLC between both of them.

Key words: heat/moisture-treatment, rice, *sikhe*, starch modification

#### 서 론

식혜는 엿기름으로부터 추출되어 나온 맥아효소에 의하여 쌀전분이 분해되어 단맛과 맥아향을 갖는 예로부터 널리 애용된 우리나라 고유 음료이다. 식혜의 제조는 크게 엿기름 추출공정과 당화공정으로 나누어 지는데 식혜 제조에 관한 최근의 연구로는 엿기름:물:쌀의 비율이 식혜제조에 미치는 영향<sup>(1)</sup>, 당화력이 강한 맥아제조 및 맥아침수시간, 쌀의 종류와 취반방법에 따른 식혜의 비교연구<sup>(2)</sup>, 식혜제조 과정에 있어서의 맥아효소에 대한 효소학적 연구<sup>(3)</sup> 등이 있다. 남과 전<sup>(4)</sup>은 고두밥과 엿기름가루의 양을 달리한 식혜와 여러가지 대체감미료를 이용한 식혜의 관능적 특성을 조사하였으며 유<sup>(5)</sup>는 곰팡이를 증자된 쌀에 배양하여 코오지를 만들어 감주에 이용하는 제반조건을 검토하였다. 그리고 문과 조<sup>(6)</sup>, 이와 전<sup>(7)</sup>은 쌀, 물 그리고 맥아의 사용 비율 및 당화온도에 따른 식혜 특성을 검토한 바 있다. 이외에도 육 등<sup>(8)</sup>은 식혜의 제조방법을 간편하고 제조시간을 단축하며 설탕의 첨가없이도 단맛을 증진시키는 연구를 수행하였다. 이외에도 식혜와 관련된

특허가 몇건<sup>(9,12)</sup> 출원되어 있다. 최근 캔음료로 사업화된 식혜가 당화가 제대로 되지 않은 설탕물에 불과하다는 보고도 있으나<sup>(13)</sup> 이는 전통식품의 현대적 변형 과정 중 과도기적 현상으로 보는 견해도 있다<sup>(14)</sup>. 어찌되었든 식혜 제조시 쌀 전분에 대한 맥아의 효소작용이 일어나는 당화과정은 매우 중요한 공정임에는 틀림이 없다.

본 연구의 목적은 쌀을 물리적 변성처리하여 식혜 제조시 효소에 대한 쌀의 당화 속도를 높이고자 하는데 있는데 전분의 변성은 화학적 변성과 물리적 변성 크게 두가지로 구별된다. 그동안 화학적 변성에 대한 연구는 상당히 많은 반면 물리적 변성은 상대적으로 폭넓게 연구되지 않았다. 그런데 최근 들어 습열처리 전분(heat/moisture-treated starch)이 산업적으로 생산되는 등 물리적 변성전분에 대한 관심이 산업적으로도 높아지고 있다. 물리적 변성의 대표적인 반응으로는 annealing과 heat/moisture-treatment가 있는데 이 두 용어는 한동안 구분없이 사용되어 왔는데 Stute<sup>(15)</sup>는 두 가지 반응이 전분의 호화특성에 비슷한 영향을 주는 것은 사실이지만 분명히 구분이 됨을 밝혔다. 즉 annealing은 충분한 수분의 존재하에 호화온도 이하에서 장시간 처리하였을 때 일어나는 현상으로 전분내에 결정성영역과 무정형영역의 결합력(binding forces)을

Corresponding author: Cheol Yook, Faculty of Life Science and Engineering, Youngdong Institute of Technology, Youngdong, Chungbuk 370-800, Korea

변화시키는 역할을 하는 반면 heat/moisture-treatment는 제한된 수분에서 호화온도 이상의 고온으로 처리하는 반응으로 전분의 구조를 B형에서 A형으로 변화시킨다고 주장하였다. 이외에도 heat/moisture-treated starch에 대한 연구는 국내외적으로 많이 되었는데<sup>(16-22)</sup> 대부분의 연구결과에 따르면 습열처리에 의하여 전분의 호화온도가 높아지고 팽윤이 억제되는 등 전분의 특성이 변화됨을 확인하였으며 특히 Hagiwara 등<sup>(23)</sup>은 전분을 습열처리하였을 때 전분의 효소분해도가 증가함을 보고하였다. 이상의 연구결과 등을 통해 볼 때 습열처리로 전분의 특성을 개선하면 식품가공에 유리하게 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

일반적으로 전분 변성반응은 전분을 분리하여 변성시키는 것이 보편적이지만 쌀과 같이 형태를 유지한 채로 내부 전분을 변성시키는 연구도 발표되었다<sup>(24,25)</sup>.

본 연구에서는 쌀의 형태를 유지한 채로 습열처리 방법으로 쌀 전분을 변성시켜 쌀 전분의 물리화학적 특성변화를 살펴보고 이렇게 처리한 쌀을 이용하여 식혜제조시 당화속도의 개선 가능성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

쌀은 일반미를 시중에서 구입하여 사용하였고 엿기름 역시 시중에서 신선한 것을 구입하여 사용하였다.

### 습열처리 쌀 및 분석시료의 제조

습열처리 방법은 Kawabata 등<sup>(26)</sup>의 방법을 이용하였다. 즉 쌀 1 kg을 지름 30 cm 정도 되는 스테인레스 통에 약 2 cm 높이가 되도록 고루 펼친 다음 알루미늄 foil로 덮어 감싸았다. 121°C, 15 psi로 0.5-2시간동안 autoclaving한 후 꺼내어 실온에서 하루밤 식히면서 수분이 평형이 되도록 하였다. 변성처리한 쌀은 분쇄기 (Miag Disc Mill, Germany)로 분쇄하여 80 mesh screen을 통과시킨후 분석하였다.

### Amylogram

Brabender visco-amylograph를 이용하여 시료 농도를 건량기준 8%의 농도로 Bhattacharya와 Sowbhagya<sup>(27)</sup>의 방법으로 측정하였다.

### 열시차분석

쌀전분의 호화특성을 differential scanning calorimetry (Seiko Instruments Inc. DSC 120, Japan)를 이용하여 Merca와 Juliano<sup>(28)</sup>의 방법으로 측정하였다. 즉

분쇄한 쌀을 증류수와 1:3으로 섞어 현탁액을 만들어 그 중 2 mg의 시료를 채취하여 aluminium sample pan에 넣고 밀봉한 다음 5°C/min의 속도로 가열하여 endothermic peak을 얻었고 peak 면적으로부터 호화엔탈피를 계산하였다.

### 수분흡습특성

쌀 5 g을 25°C로 유지되는 50 ml의 증류수가 함유된 beaker에 넣고 30분, 60분 경과한 후 꺼내어 표면에 묻어있는 수분을 제거하고 무게를 측정하였다. 4회의 실험으로 얻은 평균 무게 증가량으로 흡습된 수분의 양을 계산하였다.

### X-ray 회절도

X-ray diffraction은 X-선 회절기(Rigaku Inc, Japan)를 이용하여 Co-K radiation, time constant 5 sec, scanning speed 4°/min, chart speed 1 cm/min 조건으로 회절각도 40-5도까지 회절시켜 측정하였다.

### 엿기름 추출

엿기름 200 g을 30°C로 유지되는 물 1 l에 넣고 1시간 동안 100 rpm으로 교반한 후 cheese cloth로 착즙하였다. 고형분은 버리고 착즙액은 냉장고에 하루밤 방치하여 작은 입자들을 가라 앉히고 위의 맑은 상정액을 식혜당화에 이용하였다.

### 고두밥 제조

쌀 100 g을 물 400 ml에 넣고 실온에서 1시간 동안 침지한 후 다시 1시간 동안 탈수를 시킨 다음 1 kg/cm<sup>2</sup> 압력으로 10분간 steaming하여 고두밥을 제조하였다.

### 식혜당화

엿기름 추출액 100 ml를 60°C로 맞춘 후 미리 제조한 고두밥 10 g을 넣어 당화시키면서 시간별로 당화액을 채취하여 5분간 끓는 물 속에서 가열하여 효소를 불활성화시킨 후 급냉하여 Brix와 환원당을 측정하였고 HPLC를 이용하여 당분석을 실시하였다.

### 당화액 분석

당화액의 Brix는 일반 굴절당도계를 사용하여 측정하였고 환원당은 dinitrosalicylic acid 방법<sup>(29)</sup>으로 maltose를 표준물질로 사용하여 정량하였다. 당분석은 HPLC (Waters, Model 244, USA)를 이용하였으며 분석조건은 Aminex HPX-87C column, RI detector를 이

용하여 증류수를 용매로 하여 0.6 ml/min의 flow rate, 온도 85°C에서 분석하였다.

**결과 및 고찰**

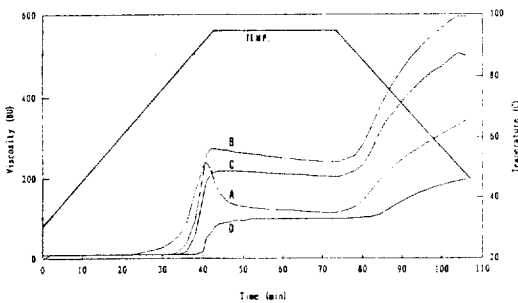
**Amylograph patterns**

습열처리 쌀의 Amylograph pattern과 특성치는 각각 Fig. 1과 Table 1에서와 같다. 습열처리에 의하여 pasting 온도는 비처리구의 경우 66°C인 반면 습열처리 쌀의 경우 처리시간이 길어짐에 따라 높아져 1시간 습열처리를 하였을 때 pasting 온도는 82°C 이상이 되었다. peak 점도 온도는 습열처리에 의하여 92.4°C에서 95°C로 상승하였고 peak 점도는 낮아졌으며 peak 점도와 냉각후 30분이 지난 후의 점도 차이 즉 breakdown은 습열처리에 의하여 감소하였다. 이와 같은 현상은 습열처리 전분의 일반적인 특성인데 Lorenz 등<sup>(18)</sup>은 습열처리에 의하여 감자 전분의 viscograph 점도 특성이 밀 전분과 비슷해짐을 보고하였고 Franco 등<sup>(20)</sup> 역시 옥수수 전분과 찹옥수수 전분을 습열처리하였을 때 이와 같은 현상을 확인하였는데 이는 열처리에 의하여 일부 전분입자가 분해되어 나타나는 현상이라고 설명하였다. 또 Banks 등<sup>(21)</sup>은 습열처리를 하면 무정형 아밀로오스(amorphous amylose)가 나선형 구조로 바

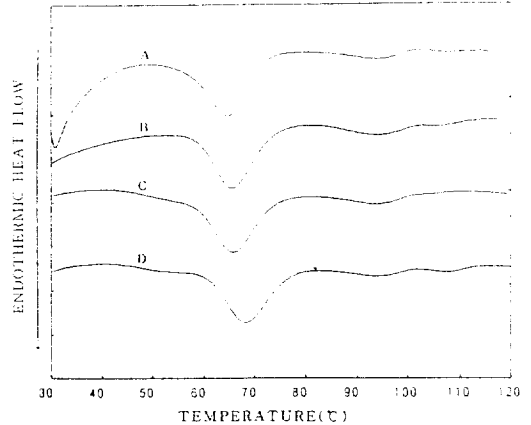
뀌게 되는데 이렇게 되면 용해도와 팽윤력이 낮아지고 paste 점도가 낮아지는데 이는 전분의 호화시 나선형 영역이 결정성 구조의 weak center로 작용하기 때문이라고 보고하였다.

**열시차분석**

습열처리 쌀 전분의 DSC pattern과 호화 특성치를 각각 Fig. 2와 Table 2에 나타내었다. 습열처리에 의하여 호화온도는 57°C에서 60.7°C까지 상승되었고 호화에탈피는 감소하였으며 peak의 폭은 약간 넓어져 습열처리 전분의 전형적인 모습을 보여주었다<sup>(15)</sup>. Donovan 등<sup>(20)</sup>은 밀 전분과 감자 전분을 수분 18-27% 존재하에서 100°C에서 16시간 열처리하여 DSC 특성을 살펴본 결과 처리에 의하여 peak가 broad해지고 호화온도가 상승되며 호화 엔탈피도 감소된다고 보고하였고 처리시 수분함량이 높아짐에 따라 endotherm이 두 개의 상(biphasic)으로 뒀을 확인하였다. 그리고 이러한 현상은 습열처리에 의하여 새로운 결정 또는 재결정 그리고 입자내의 작은 결정성 영역이 커지는 것에 의한 현상



**Fig. 1.** Brabender visco-amylogram of heat/moisture-treated rices A-Native rice; B-30 min treated; C-60 min treated; D-120 min treated rice



**Fig. 2.** DSC thermograms of heat/moisture-treated rices A-native rice; B-30 min treated; C-60 min treated; D-120 min treated rice

**Table 1.** Brabender visco-amylogram of heat/moisture-treated rices at a concentration of 8%

Rice <sup>1)</sup>	Pasting temp. (°C)	Peak visco. temp. (°C)	Viscosity (BU)			Breakdown (BU) (P-H)	Setback (BU) (C-P)	Consistency (BU) (C-H)	
			Peak (P)	95°C	after 30 min (H)				50°C (C)
A	66.4	92.4	238	183	113	333	125	95	220
B	79.5	93.9	273	273	240	597	33	324	357
C	82.3	95.0	217	215	203	508	14	291	305
D	85.7	95.0	99	86	99	197	0	98	98

<sup>1)</sup>A : Untreated rice, B : Heat/moisture-treated for 30 min, C : Heat-moisture treated for 60 min, D : Heat-moisture treated for 120 min

**Table 2. Gelatinization characteristics of heat/moisture-treated rices from DSC thermograms**

(heating rate=5°C/min, w/s=3/1)

Rice <sup>1)</sup>	To(°C)	Tp(°C)	Tc(°C)	ΔH (mJ/mg)
A	57.0	64.6	72.0	8.3
B	58.5	65.6	74.2	7.6
C	58.8	65.9	74.3	6.8
D	60.7	68.5	77.3	6.8

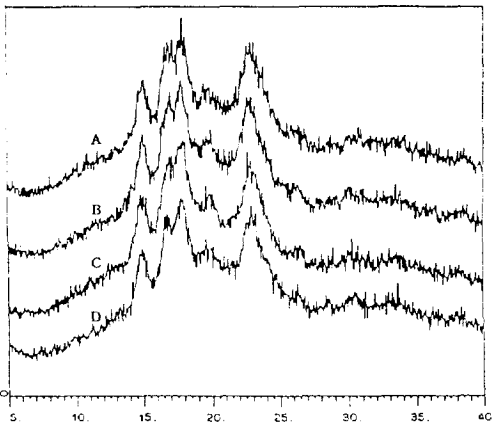
<sup>1)</sup>A : Untreated rice, B : Heat/moisture-treated for 30 min, C : Heat/moisture-treated for 60 min, D : Heat/moisture-treated for 120 min

**Table 3. Water uptake of heat/moisture-treated rices during hydration for 30 min and 60 min at 25°C**

Rice <sup>1)</sup>	Water uptake g H <sub>2</sub> O/Rice (g) <sup>2)</sup>	
	30 min	60 min
A	0.331±0.009	0.348±0.009
B	0.279±0.001	0.313±0.004
C	0.266±0.005	0.306±0.002
D	0.258±0.002	0.296±0.005

<sup>1)</sup>A : Untreated rice, B : Heat/moisture-treated for 30 min, C : Heat/moisture-treated for 60 min, D : Heat/moisture-treated for 120 min

<sup>2)</sup>Mean ± SD



**Fig. 3. X-ray diffraction patterns for heat/moisture-treated rices A-Native rice; B-30 min treated; C-60 min treated; D-120 min treated rice**

이라고 설명하였다. Stute<sup>(15)</sup>는 peak의 폭이 넓어지는 현상에 대하여 정확한 원인은 알 수 없으나 열처리시 불균일한 열전달(inhomogeneous heat transfer)이 부분적인 원인일 것으로 추측하였고 습열처리와 annealing의 다른점은 습열처리에 의하여 전분의 호화 엔탈피가 감소하며 호화 peak의 폭이 넓어지는 반면 annealing에 의하여는 호화 엔탈피가 변하지 않고 peak의 폭만 좁아진다고 두 변성간의 차이점을 밝혔다.

**X-선 회절도**

쌀을 가루로 만들어 측정한 X-선 회절도는 Fig. 3에서와 같다. 쌀가루의 X-선 회절도는 회절각도 14.8° (3<sup>b</sup>), 16.5° (4<sup>b</sup>), 17.4° (4<sup>b</sup>), 22.6° (6<sup>b</sup>)에서 peak을 보이는 전형적인 A도형으로 나타났으며 습열처리에 의하여 X-선 회절도의 변화는 없었다. Kawabata 등<sup>(26)</sup>의 연구에 따르면 감자 전분은 습열처리에 의하여 X-선 회절도의 첫 번째 환이 없어지고 4번째 환이 2개로 분리되어 B도형이 A도형으로 구조가 변함을 확인한 반면 X-선 도형이 A형인 옥수수 전분을 습열처리하였을 때에

는 A도형을 그대로 유지한채 5번째 환이 보다 뾰족해지고 아밀로오스와 지방산의 복합구조를 나타내는 2θ=13.1°의 peak가 새로 생성됨을 보고하였다. 즉 습열처리에 의하여 분자결합이 강화되고 결정성 영역 뿐만 아니라 무정형 영역에서도 구조 변화가 일어남을 주장하였다. 일반적으로 B도형의 지하 뿌리식물 전분은 습열처리에 의하여 A도형으로 바뀌는 등 변화가 큰데 이는 습열처리에 의하여 구조적으로 변화되기 때문인데 그중 가장 분명한 구조적 변화는 elementary cell의 변화라고 보고되었다<sup>(32)</sup>. 즉 탈수에 의하여 B type의 cell의 36 물분자가 A type cell의 8분자로 변화하는 것이다. 그러나 A도형의 곡류 전분은 상대적으로 변화가 적은데 그 이유는 곡류 전분의 경우 lipid가 함유되어 있어서 amylose-lipid complex형태로 존재하므로 아밀로오스가 재배열되기 어렵기 때문으로 보고되었다<sup>(18)</sup>. 그러나 곡류 전분 역시 연구자에 따라 습열처리시 결정성 영역이 증가하기도 하고<sup>(22)</sup> 감소하기도 하며<sup>(18)</sup> 또는 변화가 거의 없는<sup>(33)</sup> 등 원료전분과 처리조건에 따라 전분 구조에 끼치는 영향이 다를 수 있다.

**수분흡습력**

습열처리에 의한 쌀의 수분흡습력의 변화를 Table 3에 나타내었다. 습열처리에 의하여 쌀의 수분흡습력은 감소함을 보였는데 습열처리에 의하여 전분입자의 수분흡습력이 작아지는 이유는 변성처리 과정 중 일부 호화된 입자가 전분입자 표면을 감싸서 전분입자 내로 수분의 침투를 막기 때문인 것으로 보고 되고 있다<sup>(34)</sup>. 그러나 이와 반대되는 연구 결과도 있는데 Kulp와 Lorenz<sup>(35)</sup>는 감자 전분과 밀 전분을 습열처리하였을 때 water binding capacity가 높아졌다고 보고하였다.

**식혜 당화특성 및 당 조성**

습열처리한 쌀을 가지고 식혜를 제조하였을 때 당

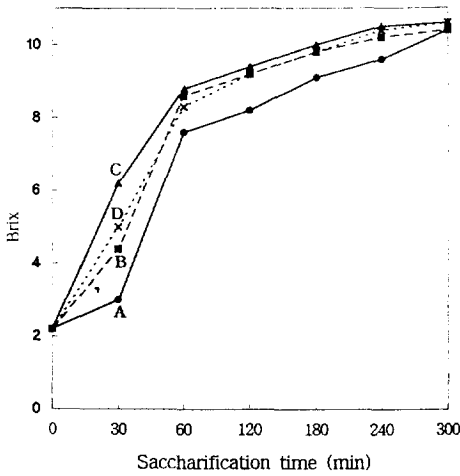


Fig. 4. Changes of Brix during saccharification for *sikhe* by using heat/moisture-treated rices A-native rice; B-30 min treated; C-60 min treated; D-120 min treated rice

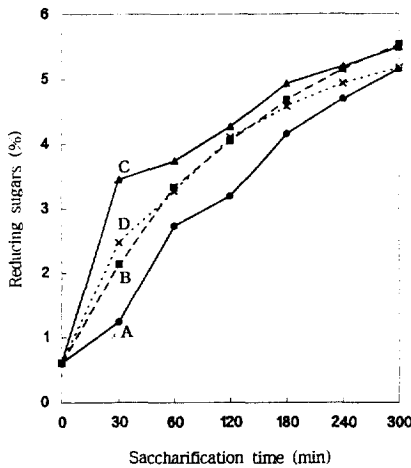


Fig. 5. Changes of reducing sugars during saccharification for *sikhe* by using heat/moisture-treated rices A-Native rice; B-30 min treated; C-60 min treated; D-120 min treated rice

화과정 중 당화액의 Brix와 환원당의 변화를 각각 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 당화가 경과됨에 따라 당화액의 Brix와 환원당은 증가하였는데 비처리구에 비하여 습열처리한 쌀을 가지고 당화시킨 당화액의 당화속도가 월등히 높아짐을 알 수 있었다. 즉 처리하지 않은 쌀을 가지고 만든 식혜당화액의 경우 당화시간이 2시간이 경과되었을 때 Brix가 8.2인데 비하여 121°C에서 1시간 autoclaving한 쌀을 이용하여 당화하였을 경우 당화시간이 1시간만에 Brix가 8.7로 높아짐을 보여 주었고 당화중에 생성된 환원당 역시 Brix 측

Table 4. Sugar composition of *sikhe* saccharified for 180 min with heat/moisture-treated rices

Rice <sup>1)</sup>	Glucose	Maltose	Maltotriose	Others
A	6.3	81.4	6.7	5.6
B	5.6	84.8	6.2	3.5
C	5.3	84.4	6.4	3.9
D	5.9	82.5	7.0	4.6

<sup>1)</sup>A : Untreated rice, B : Heat/moisture-treated for 30 min, C : Heat-moisture treated for 60 min, D : Heat-moisture treated for 120 min

정 결과와 비슷한 경향을 보여 주었다. 한편 습열처리 시간이 1시간까지 길어짐에 따라 효소당화력은 높아졌으나 2시간 처리하였을 경우에는 1시간 처리한 것에 비하여 효소당화력이 다시 낮아져 습열처리 조건에 따라 전분의 효소당화력이 달라짐을 알 수 있었다. 습열처리가 전분의 효소 분해속도에 미치는 영향에 대해서는 이제까지 여러 연구결과가 보고되고 있는데 Franco 등<sup>(30)</sup>은 습열처리에 의한 옥수수 전분의 효소반응성이 습열처리 조건에 따라 상당히 떨어지기도 하고 높아지기도 함을 보고하였는데 수분 18% 수준까지는 전분분자의 재배열이 일어나 전분입자를 유지하는 힘이 강화되나 그 이상 수분조건에서 열처리하였을 때에는 전분입자를 유지하는 힘이 약화되고 입자가 일부 붕괴되어 효소에 의한 분해도가 증가한다고 보고하였다. Hagiwara 등<sup>(23)</sup>은 습열처리에 의한 여러 전분들의 효소분해성을 검토한 결과 특히 고구마 전분이 습열처리에 의하여 분해속도가 커짐을 확인하였고 Lorenz 등<sup>(8)</sup>은 습열처리에 의하여 전분입자 내의 분자가 재배열되고 일부 분해가 일어나 효소에 대한 분해도가 증가된다고 보고하였다.

Table 4은 당화를 3시간 시킨 후에 식혜 당화액의 당 조성을 나타낸 것인데 식혜 당화중 당화액의 당 조성을 HPLC를 이용하여 분석한 결과 처리구와 비처리구 모두 maltose가 80% 이상 되고 포도당이 약 6%, maltotriose가 6-7% 그리고 기타가 약 4-5%가 되어 습열처리 쌀을 이용하여 제조한 식혜와 일반 쌀을 이용하여 제조한 식혜간에 당 조성에는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

이상의 결과를 통하여 볼 때 전분의 물리적 변성방법의 하나인 습열처리는 전분의 구조를 변화시키고 전분의 물리화학적 특성을 변화시키기 때문에 적절한 조건에서 가공변성을 시키게 되면 식품가공에 유리하게 이용할 수 있다고 판단된다. 특히 본 연구결과에서 처럼 효소 반응성을 높일 수 있는 조건을 찾아 쌀을 예비 열처리 가공시키면 식혜산업에도 바로 이용 가능하리라 생각된다.

## 요 약

습열처리 방식으로 물리적 변성시킨 쌀을 이용하여 식혜당화 특성을 살펴 보았다. 쌀을 습열처리 하였을 때 쌀 전분의 팽윤이 억제되었고 호화온도는 상승하였으며 호화 엔탈피는 감소하는 등 쌀 전분의 특성이 변화하였고 이렇게 처리한 쌀을 이용하여 식혜를 제조하였을 때 식혜 당화 속도는 크게 향상되었다. 즉 121°C, 15 psi에서 시간별로 autoclaving하여 습열처리를 한 쌀을 가지고 식혜를 제조한 결과 당화시간이 경과함에 따라 일반 쌀을 이용하여 당화하였을 때에 비하여 당화시간이 Brix 및 환원당을 기준하였을 때 약 1/2로 단축되었다. 일반 쌀의 경우 당화시간이 2시간이 경과되었을 때 Brix가 8.2인데 비하여 121°C에서 1시간 autoclaving한 쌀을 이용하여 당화하였을 경우 당화시간이 1시간만에 Brix가 8.7로 높아짐을 보여주었고 당화 중에 생성된 환원당 역시 Brix 측정결과와 비슷한 경향을 보여 주었다. 한편 HPLC로 분석한 당화액의 당 조성은 습열처리한 쌀로 당화한 것과 일반 쌀을 이용하여 제조한 당화액간에 큰 차이가 없었다.

## 문 헌

1. 조경연 : 식혜제조에 관한 연구. 이화여자대학교 석사학위논문 (1976)
2. 조순옥 : 당화력이 강한 맥아 제조 및 맥아 침수시간, 쌀의 종류와 취반방법에 따른 식혜의 비교연구. 대한가정학회지, **21**, 79 (1983)
3. 박인성 : 식혜제조과정에 있어서 맥아효소에 대한 효소학적연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문 (1986)
4. 남상주, 김광옥 : 재료의 양과 감미료를 달리한 식혜의 관능적 특성. 한국식품과학회지, **21**, 197 (1989)
5. 유영기 : 고체배양에 의한 감주제조에 관한 연구. 중앙대학교 석사학위논문 (1985)
6. 문수재, 조혜정 : 식혜에 대한 조리과학적 검토. 대한가정학회지, **16**, 43 (1978)
7. 이효지, 전희정 : 식혜 제조의 과학적 연구. 대한가정학회지, **14**, 195 (1976)
8. 육철, 황윤희, 백운화, 박관화 : 전분분해효소 첨가와중이봉지를 이용한 식혜의 제조방법. 한국식품과학회지, **22**, 296 (1990)
9. 김영수, 석호문, 오상룡 : 즉석 식혜 제조법. 특허공개 제7892호 (1986)
10. 육철, 백운화, 윤정섭, 황윤희, 윤찬용, 박관화 : 새로운 식혜제조방법. 특허 제30952호. (1989)
11. 육철, 백운화, 황윤희 : 즉석식혜의 제조방법. 특허 제37715호. (1989)
12. 육철, 백운화, 서둔영, 고의찬, 황윤희, 김기호 : 식혜를 주성분으로하는 스포츠음료의 제조방법. 특허 제46557호. (1990)
13. 안용근, 이석건 : 한국 시판 식혜에 관한 연구. 한국식품영양학회지, **8**, 165 (1995)
14. 한억 : 식혜의 산업화 현황과 전망. 식품기술, **8**, 107 (1995)
15. Stute, R.: Hydrothermal modification of starches : The difference between annealing and heat/moisture-treatment. *Stärke*, **44**, 205 (1992)
16. 김수경, 신말식 : 수분-열처리한 쌀전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, **33**, 1 (1990)
17. Sair, L.: Heat-moisture treatment of starch. *Cereal Chem.*, **40**, 8 (1967)
18. Lorenz, K., Collins, F. and Kulp, K.: Physico-chemical properties of defatted heat-moisture treated starches. *Stärke*, **35**, 123 (1983)
19. Hoover, R. and Vasanthan, T.: Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches. *Carbohydrate Research*, **252**, 33 (1994)
20. Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: Defferential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, **60**, 381 (1983)
21. Hagiwara, S., Esaki, K., Kitamura, S. and Kuge, T.: Observation by photo-microscopic and X-ray diffraction method of heat-moisture treatment on starch granules. *Denpun Kagaku*, **38**, 241 (1991)
22. Vasanthan, T., Sosulski, F.W. and Hoover, R.: The reactivity of native and autoclaved starches from different origins towards acetylation and cationization. *Stärke*, **47**, 135 (1995)
23. Hagiwara, S., Esaki, K., Kitamura, S. and Kuge, T.: Physical properties and digestion trial with amylase of heat-moisture treated starch granules. *Denpun Kagaku*, **39**, 175 (1992)
24. Rutledge, J.E., Islam, M.N. and James, W.H.: Improved canning stability of rice by chemical modification. *Cereal Chemistry*, **49**, 430 (1972)
25. Yook, C., Pek, U.H. and Park, K.H.: Gelatinization and retrogradation characteristics of hydroxypropylated and cross-linked rices. *J. Food Sci.*, **58**, 405 (1993)
26. Kawabata, A., Takase, N., Miyoshi, E., Sawayama, S., Kimura, T. and Kudo K.: Microscopic observation and X-ray diffractometry of heat/moisture-treated starch granules. *Stärke*, **46**, 463 (1994)
27. Bhattacharya, K.A. and Sowbhagya, C.M.: Pasting behavior of rice : A new method viscography. *J. Food Sci.*, **44**, 797 (1979)
28. Merca, F.E. and Juliano, B.O.: Physicochemical properties of starch of inter-mediate-amylose and waxy rices differing in grain quality. *Stärke*, **33**, 253 (1981)
29. Miller, G.L.: Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, **13**, 426 (1959)
30. Franco, C.M.L., Preto, S.J.R., Ciacco, C.F. and Tavares, D.Q.: Effect of the heat-moisture treatment on the enzymatic susceptibility of corn starch granules. *Stärke*, **47**, 223 (1995)
31. Banks, W. and Greenwood, C. T.: The structure and biosynthesis of the starch granule. In *Starch and Its Component*, Edingburgh University Press, Edingburgh, p.261 (1975)
32. Sarko, A. and Wu, H.C.H.: The crystal structures of A-, B- and C-polymorphs of amylose and starch. *Stärke*,

- 30, 73 (1978)
33. Hoover, R., Swamidas, G. and Vasanthan T.: Studies on the physicochemical properties of native, defatted, and heat-moisture treated pigeon pea starch. *Carbohydrate Res.*, **246**, 185 (1993)
34. Abraham, T.E.: Stabilization of paste viscosity of cassava starch by heat moisture treatment. *Stärke*, **45**, 131 (1993)
35. Kulp, K. and Lorenz, K.: Heat-moisture treatment of starches. I. Physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **58**, 46 (1981)
- 
- (1996년 7월 26일 접수)