

수분-열처리한 쌀전분의 이화학적 특성

김수경·신말식

전남대학교 가정대학 식품영양학과

초록: 멥쌀 전분(아끼바레, 용문벼, 태백벼, 미국쌀)과 찹쌀 전분의 수분을 27%로 조절하여 100°C에서 16시간 열처리한 후 이화학적 성질을 조사하였다. 쌀 전분 입자는 다면체로 표면이 부드럽고 매끈하였으며 수분-열처리하면 크기가 약간 커졌고 X-선 회절도로 부터 얻은 결정형은 모두 A형이었다. 수분-열처리하면 쌀 전분의 비중은 1.03~1.09로 감소했고, 물결합 능력은 멥쌀 전분은 증가하였으나 찹쌀 전분은 약간 감소하였다. 아밀로오스 함량은 거의 변화가 없었다. 팽화력과 용해도는 온도가 상승함에 따라 증가하였으며 일정 온도에서 수분-열처리 전분의 용해도는 증가했으나 팽화력은 감소하였다. 광투과도에 의한 호화개시 온도는 아끼바레, 용문벼, 태백벼 전분은 60~65°C였고 찹쌀 전분은 55~60°C, 미국쌀 전분은 70~75°C였으며 수분-열처리시 호화개시 온도는 상승하였다(1989년 7월 20일 접수, 1990년 2월 22일 수리).

전분을 물리적·화학적 방법으로 변형시키면 생 전분이 새로운 기능성을 갖게되어 식품가공에 이용될 수 있다.

전분에 수분-열처리를 하면 전분입자의 “용용”과정중 입자내 분자간의 회합력이 증가하여 비 가역적인 구조의 무질서로부터 물리적 성질의 변화가 초래된다고 하였다¹⁾. 전분의 열처리에 따라 수분함량이 전분 성질의 변화를 가져오며 특히, 호화온도, 범위, 팽윤양상, 전분호화액의 투명도에 영향을 주고 이러한 경향은 서류와 곡류 전분이 서로 다른 양상을 보여 팽화력은 감소하고 용해도는 곡류 전분의 경우 증가하나 지하전분의 경우에는 감소하며, 또한 수분-열처리 후의 X-선 회절양상은 곡류 전분의 경우 결정도가 다소 감소하며 지하 전분의 경우에는 B형에서 A형으로 바뀌게된다²⁾. 밀 및 감자 전분을 수분-열처리하여 빵을 제조하면³⁾ 밀 전분의 경우 기능이 감소되나 감자 전분의 경우에는 향상되고 기타 곡류 전분도 수분-열처리에 따라 제빵 기능성이 감소되거나 지하 전분의 경우에는 향상된다.

본 연구에서는 일반계의 아끼바레, 다수계의 용문벼, 태백벼, 인디카형의 미국 쌀 등 멥쌀과 찹쌀 전분을 분리하여 수분-열처리 시킨후 전분의 성상과 이화학적 성질의 변화를 관찰하여 전분의 성질 차이로 나타나는 변화로서 그 구조를 이해하며 쌀 전분의 식품으로서의 새로운 이용방안을 모색하기 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

재 료

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

전분의 제조

전분은 알칼리 침지법⁷⁾을 이용하여 분리하였다. 즉, 쌀에 0.2%NaOH용액을 가하고 Waring blender에서 2~3분간 마쇄한 후 100과 270 mesh체에 차례로 통과시킨 후, 얻은 침전물을 뷰렛 반응이 나타나지 않을때까지 0.2%NaOH용액으로 처리하고 증류수로 중성이 될 때까지 씻어 정제 전분을 얻었다. 전분은 실온에서 2일간 건조한 후 100mesh체에 통과시켰다.

전분의 수분-열처리

Sair법⁸⁾에 의하여 각 전분의 수분함량을 27%로 조절 한 다음 100°C 오븐에서 16시간 가열한 후 실온에서 풍건하여 100mesh체에 통과시켜 사용하였다.

전분 입자의 성상 및 크기분포

생 전분 및 수분-열처리한 전분 입자의 형태와 크기를 광학현미경(Nikon photomicroscope) 및 주사 전자현미경(JEOL JSM-35, scanning electron microscope)을 사

용해서 각각 600배 및 2,000배로 확대하여 관찰하였다. 전분 입자의 크기 분포 비율은 200개 정도의 입자에 대하여 장경을 측정하여 백분율로 나타내었다.

X-선 회절도

X-ray diffractometer(Rigaku Co, Japan)을 이용하여 target Cu-K α , filter Ni, Scanning speed 4°/min, chart speed 40 mm/min, time constant 1 sec, range 100 cps로 2 θ 가 40°~0°까지 회절시켜 분석하였다.

전분의 이화학적 특성

쌀 전분의 일반성분은 AOAC방법⁸⁾으로 분석하였다. 비중은 Schoch⁹⁾에 의한 xylene method로 측정하였으며, 물결합 능력은 Medcalf 및 Gilles¹⁰⁾의 방법에 따라, 아밀로오스 함량은 Williams등¹¹⁾의 비색법에 의해 측정하였다. 아밀로오스 표준곡선은 Montgomery와 Sont의 방법으로 쌀 전분을 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 분리한 다음 일정비율로 혼합하여 같은 방법으로 실시하였다. 팽화력과 용해도는 40~90°C에서 Schoch¹²⁾법을 개량하여 조사하였으며, 호화온도는 전분 현탁액(0.1%)을 50~90°C로 조정하고 분광 광도계(Shimadzu UV-120 UV-spectrophotometer)로 625 nm에서 광투과도를 측정하여 결정하였다¹⁴⁾.

결과 및 고찰

전분 입자의 성상

쌀 전분 입자의 모양은 Fig. 1과 같이 수분-열처리 유무에 관계없이 다각형으로 크기는 품종에 따라 약간의 차이를 보이고 있으며 대개 3~9 μ m에 분포하였다.

SEM을 통한 전분 입자의 표면 형태는 Fig. 2와 같다.

생 전분과 수분-열처리한 전분이 모두 다면체로 각면이 들어간 모양이었다. 이는 쌀 전분도 전분립의 생합성중에 복합 전분립 형태로 들어있다가 떨어져 나갔기 때문이라고 생각된다¹⁵⁾. 수분-열처리한 전분 입자의 모양은 변화가 없고 입자의 크기는 약간 커져 있었으며 전분 입자끼리 서로 달라붙는 현상이 나타났다. Sair¹⁶⁾나 Kulp와 Lorenze³⁾등은 수분-열처리하여도 전분 입자의 크기나 형태의 변화는 없다고 하였으나 송등¹⁷⁾은 수분-열처리후 입자의 크기가 증가했다고 보고하였다.

전분입자의 크기 분포양상은 Fig. 3과 같다.

생 전분 입자의 크기는 주로 2~8 μ m에 분포되어 있으며 그중 미국쌀과 참쌀 전분에서는 3 μ m이하의 것이 다른 품종보다 많았다. 수분-열처리후에는 입자의 크기

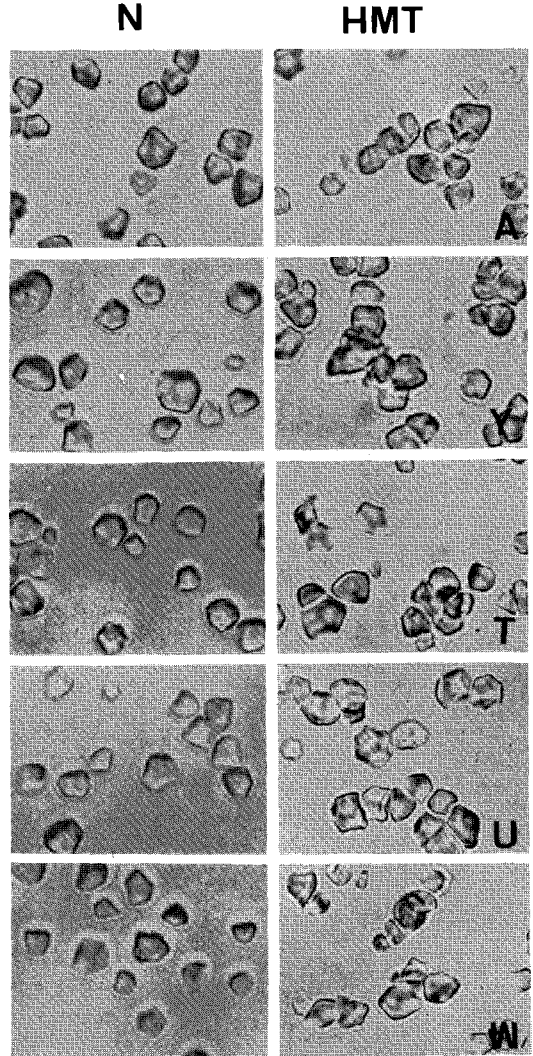


Fig. 1. Light micrographs of rice starches($\times 600$). A : Akkibare, Y : Yongmun, T : Taebaek, U : U.S.A., W : Waxy rice, N : Untreated and HMT : 27% heat-moisture treated.

가 2~9 μ m로 전체적으로 크기가 증가한 현상을 보였다. Madamba등¹⁸⁾에 의하면 전분 입자의 크기와 분포가 전분의 이화학적 성질에 영향을 준다고 하였으며 입자의 크기는 재배지나 품종에 따라 다르다고 하였다.

X-선 회절도

생 전분과 수분-열처리한 쌀 전분의 X-선 회절도는 Fig. 4와 같다.

생 전분과 수분-열처리한 전분 모두 회절각도(2 θ) 15.0, 18.0, 22.8°에서 peak를 보이는 전형적인 A형의 결정형태를 보였다. 수분-열처리하면 peak의 강도가 약간 감소하

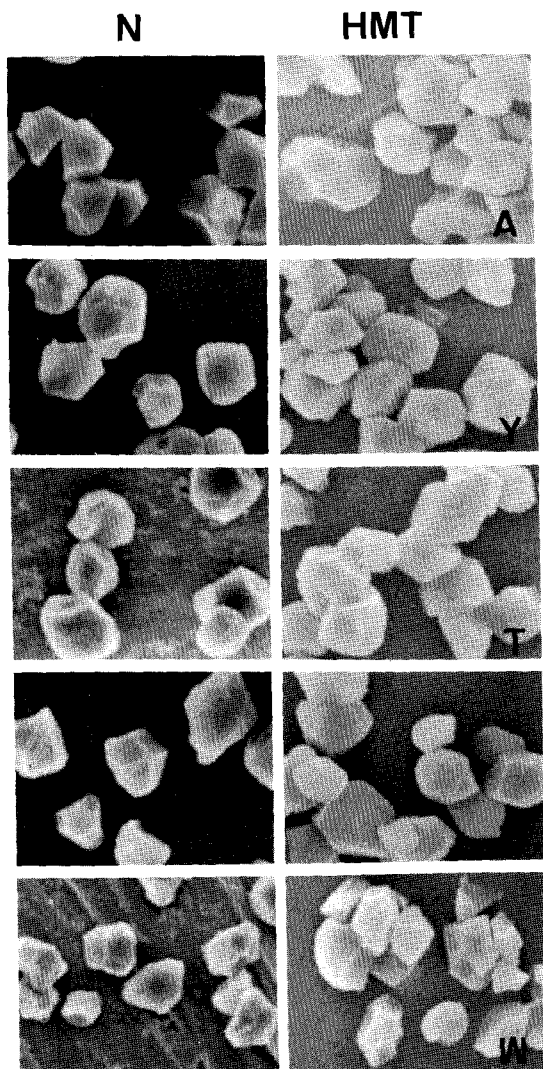


Fig. 2. Scanning electron micrographs of rice starches($\times 2,000$).

A : Akkibare, Y : Yongmun, T : Taebaek, U : U.S.A., W : Waxy rice, N : Untreated and HMT : 27 % heat-moisture treated.

는 경향을 보이고 있다. 이는 보리, 수수같은 곡류 전분을 24 %로 수분-열처리한 후 결정강도는 감소되나 생전분과 같은 A형의 결정형을 이룬다는 것과 일치하였다⁵⁾. 지하 전분인 고구마 전분¹⁷⁾, 칩 전분¹⁹⁾, 카사바 전분⁵⁾은 수분-열처리함으로써 혼합형인 C형에서 A형으로 변화하며 감자 전분⁴⁾은 B형에서 A+B형으로 변한다고 알려져 있다.

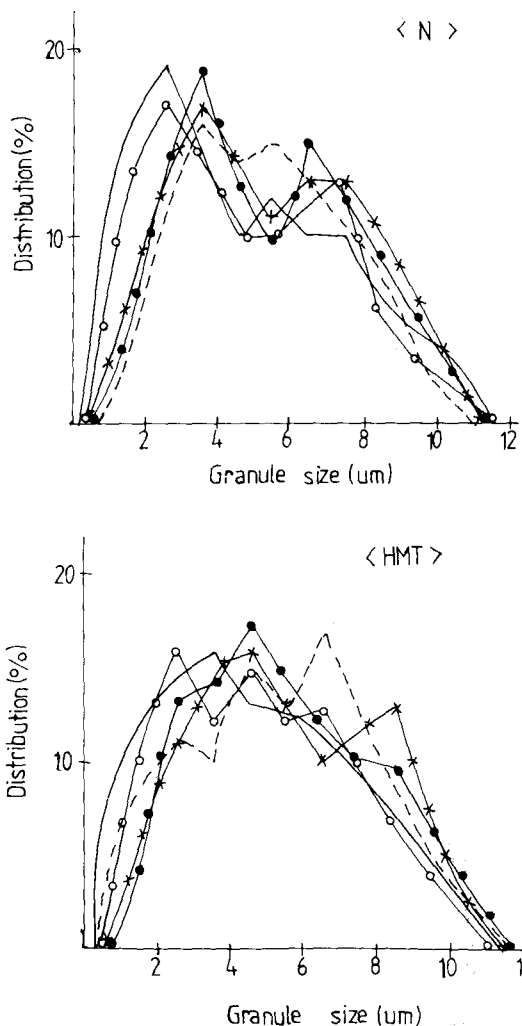


Fig. 3. Granule size distribution of rice starches. Akkibare(.....), Yongmun(-x-), Taebaek(-●-), U. S. A. (-○-), Waxy rice(—), N : Untreated and HMT : 27 % heat-moisture treated.

일반 성분

처리전 각 쌀 전분의 일반성분은 Table 1과 같이 수분이 12.4~13.9 %, 회분이 0.12~0.13 %, 총 지방은 0.27~0.32 %로 품종간의 차이는 크지 않았다.

단백질은 미국쌀과 참쌀 전분이 비교적 높은 값을 보였으며 0.74~0.94 % 범위였다.

비중 및 아밀로오스 함량

생 전분과 수분-열처리한 전분의 비중과 아밀로오스 함량은 Table 2와 같다.

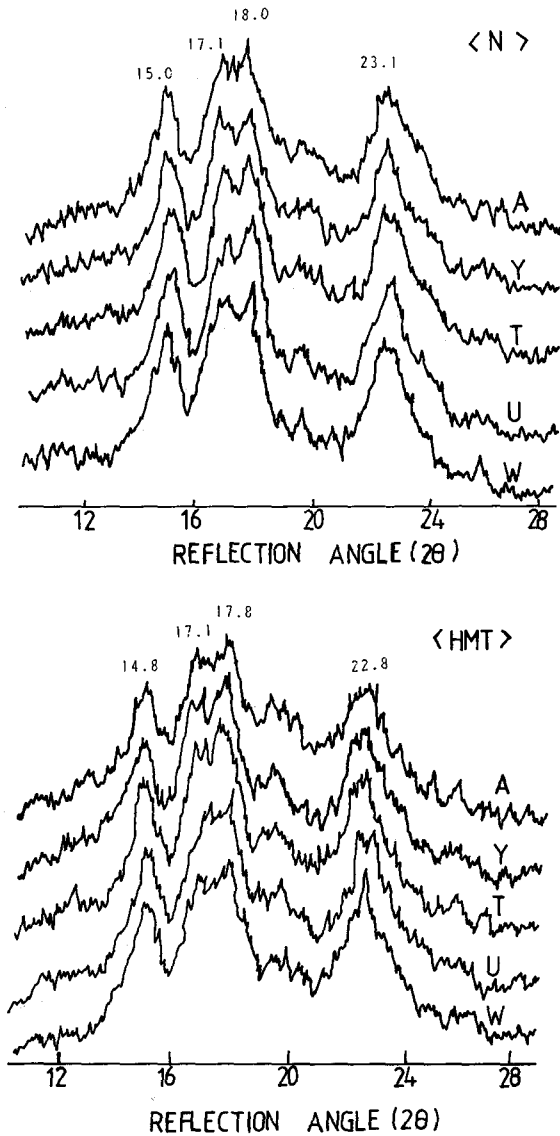


Fig. 4. Changes X-ray diffraction patterns of rice starches.

A : Akkibare, Y : Yongmun, T : Taebaek, U : U. S. A., W : Waxy rice, N : Untreated and HMT : 27 % heat-moisture treated.

생 전분의 비중은 1.48~1.52로 Juliano²⁰⁾ 등에 의한 1.49~1.51과 같은 범위를 보였으나 수분-열처리하면 전분의 비중은 1.03~1.09의 범위로 감소하였다.

아밀로오스 함량은 Table 2와 같이 수분-열처리 후에도 변화가 없었다. 찹쌀 전분이 0.83%에서 0.70%로 감소되었을 뿐, 미국쌀 전분은 23.2%, 태백벼 전분은 22.3%, 용문벼 전분은 21.5%, 아끼바레는 21.0%로 거의 변

Table 1. Proximate composition of rice starches used for experiment

Variety	Moisture (%)	Protein (%)	Ash (%)	Lipid(%)	
				Total	Crude
Akkibare	13.4	0.87	0.13	0.27	0.06
Yongmun	12.7	0.74	0.13	0.29	0.06
Taebaek	13.0	0.75	0.12	0.30	0.04
U. S. A.	12.4	0.92	0.13	0.30	0.05
Waxy rice	13.9	0.94	0.12	0.32	0.05

Table 2. Density and amylose contents of rice starches

Variety	Density(g/cc)		Amylose(%)	
	27% heat-		27% heat-	
	Untreated	moisture treated	Untreated	moisture treated
Akkibare	1.48	1.03	21.0	20.6
Yongmun	1.50	1.07	21.5	21.5
Taebaek	1.52	1.09	22.3	22.1
U. S. A.	1.49	1.05	23.2	23.0
Waxy rice	1.48	1.05	0.83	0.70

화가 없었다. 김등²⁰⁾도 수분-열처리 후에 blue value가 약간 감소된 값을 보여 같은 경향이였다. Naivikul과 D'Applonia²¹⁾는 전분의 아밀로오스 함량은 측정방법, 품종, 토양에 따른 생육조건에 따라 다소의 차이를 보인다고 하였다.

물결합 능력

쌀 전분의 물결합 능력은 Table 3과 같이 찹쌀 전분이 112%였으며 미국쌀 전분은 105%였고 아끼바레, 용문벼, 태백벼 전분은 107~109%로 비슷한 값이었다.

전분에 결합된 물은 전분 입자에 침투된 것과 입자표면에 흡착된 것으로써 Halick과 Kelly²²⁾는 전분 입자의 내부 치밀도가 낮은 것이 수분흡수가 크다고 하였다. 수분-열처리 한 다음에는 멥쌀 전분등은 물결합 능력이 증가하여 미국쌀 전분은 115.2%, 용문벼 전분은 120.6%

Table 3. Water binding capacities of rice starches

Variety	Water binding capacity(%)	
	Untreated	27% heat-moisture treated
Akkibare	107.0	118.0
Yongmun	109.0	120.6
Taebaek	108.0	119.8
U. S. A.	105.0	115.2
Waxy rice	112.0	109.0

였으나 찹쌀 전분만은 109%로 오히려 감소하였다. 이는 장²⁴⁾의 찹쌀에 대한 연구와 같은 결과였다. 대개 지하전분인 고구마¹⁷⁾, 카사바⁵⁾, 감자⁶⁾ 전분이나 칩¹⁹⁾ 전분도 수분-열처리후에 물결합 능력이 증가한다고 알려져 있다.

팽윤력과 용해도

쌀 전분의 팽윤력은 Tabel 4와 같이 온도가 상승함에 따라 증가하였다.

50℃부터 증가하여 60℃ 이후부터 급격히 증가하였고 80℃ 이후에는 완만하였다. 찹쌀 전분은 80℃ 이후 측정이 불가능했다. 다른 쌀 전분보다 미국쌀 전분은 더 높은 온도인 60℃에서 증가하기 시작하였고 각 온도에서의 팽윤력도 가장 낮았다. Leach²⁵⁾은 전분 입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 결합정도가 강한 전분은 팽윤에 대해 강하게 저항하므로 온도 증가에 따른 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합강도를 알 수 있다고 했다. 또 Wrong과 Lelievre²⁶⁾에 의하면 팽윤력이 전분 입자내의 결정성과 상관관계를 갖는다고 하였다. 그러므로 미국쌀 전분이 다른 전분에 비해 결정성이 강하다고

생각된다. 수분-열처리한 전분도 온도가 증가함에 따라 팽윤력이 증가하였으나 그 증가폭은 매우 적었다. 생 전분은 60℃ 이후로 현저하게 증가했으나 수분-열처리하면 70℃ 이후부터 급격히 증가했다. 또 같은 온도에서 수분-열처리 후 아주 낮은 팽윤력을 보였는데 이는 밀, 보리, 수수등의 곡류 전분⁴⁻⁶⁾이나 감자, 칩, 고구마등의 지하 전분^{6, 17, 19)}에서도 나타난다고 하였다. 팽윤력의 차이는 전분 내부구조의 차이를 나타내며 팽윤력이 높은 것은 전분 입자내의 결합력이 약하다는 것을 보여주므로 수분-열처리하면 전분내 구조가 달라짐을 알 수 있다.

용해도는 Table 5와 같이 온도가 증가하면 점차 증가하였는데 찹쌀 전분은 50℃ 이후 급격히 증가했고, 다른 쌀 전분들은 60℃ 이후부터 급격히 증가하였으며 그 정도는 미국쌀 전분이 가장 낮았다.

수분-열처리 전분도 온도 상승에 따라서 용해도가 증가 하였으며 각 전분의 경향은 생 전분과 비슷하였다. 각 온도에서 나타난 용해도는 수분-열처리 후에 증가하였다. 일반적으로 전분을 수분-열처리하면 곡류 전분^{4, 5)}은 용해도가 증가하나 지하 전분^{6, 7, 19)}은 감소한다는 보

Table 4. Swelling power of rice starches

Variety	Treatment	Temperature (°C)					
		40	50	60	70	80	90
Akkibare	Untreated	4.7	4.9	9.8	21.5	29.0	32.3
	27 % HMT*	2.6	3.3	6.4	11.6	19.7	22.7
Yongmun	Untreated	5.0	5.2	7.9	20.3	29.7	31.9
	27 % HMT*	3.5	3.9	6.1	11.1	18.7	20.9
Taebaek	Untreated	4.8	4.8	8.1	20.1	28.0	31.8
	27 % HMT*	3.2	4.0	6.1	10.3	18.1	20.7
U. S. A.	Untreated	3.9	4.2	5.6	16.8	26.9	30.9
	27 % HMT*	2.3	2.7	3.3	9.2	17.3	20.4
Waxy rice	Untreated	4.3	4.9	7.4	19.3	#	#
	27 % HMT*	3.9	3.9	5.1	10.1	#	#

HMT* : 27 % heat-moisture treatment

Table 5. Solubility of rice starches

Variety	Treatment	Temperature(°C)					
		40	50	60	70	80	90
Akkibare	Untreated	0.69	0.88	3.18	16.3	24.2	25.0
	27 % HMT*	1.20	1.26	4.22	16.0	23.4	25.3
Yongmun	Untreated	0.97	1.08	4.16	16.8	24.5	25.2
	27 % HMT*	1.20	1.36	5.21	17.2	25.2	28.5
Taebaek	Untreated	0.95	1.02	3.95	16.9	24.6	25.4
	27 % HMT*	1.23	1.24	5.02	17.1	25.9	28.2
U. S. A.	Untreated	0.72	0.98	1.30	12.8	20.1	22.4
	27 % HMT*	1.22	1.29	1.51	14.8	21.3	24.0
Waxy rice	Untreated	0.98	1.02	10.7	12.2	16.5	#
	27 % HMT*	1.21	1.34	11.9	13.8	#	#

HMT* : 27 % heat-moisture treatment

고와 같은 경향이였다.

광투과도

0.1% 전분 현탁액의 온도에 따른 광투과도는 Fig. 5, 6과 같다.

광투과도는 온도가 상승하면 증가하였는데 아끼바레, 용문벼, 태백벼의 생 전분은 60~65°C에서 장립종인 미국쌀 생 전분은 70~75°C에서 증가하였고, 찹쌀 생 전분의 광투과도는 55~60°C에서 증가하기 시작하여 60°C이후 급격히 증가하였다. 이 결과로 찹쌀 전분이 멥쌀 전분보다 호화가 빨리 시작하여 완료됨을 알 수 있었다. Biliaderis등²⁾은 전분의 호화개시 온도가 전분의 결정성에 의해 영향을 받으며 전분의 결정성이 낮으면 호화개시 온도가 낮다고 하였으므로 품종에 따른 쌀 전분의 결정성에 차이가 있다고 생각된다. 수분-열처리한 전분

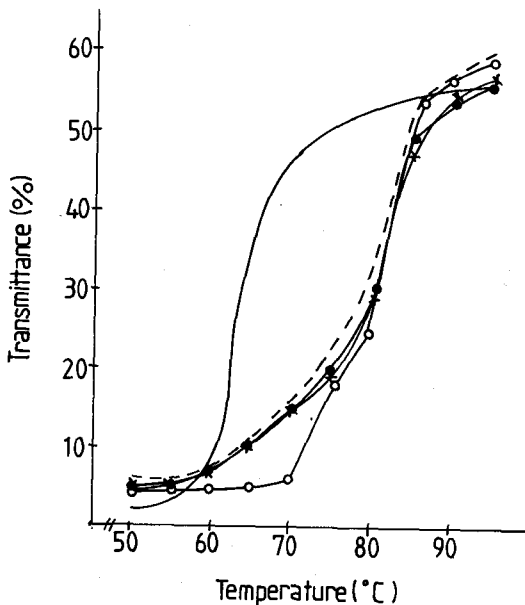


Fig. 5. Changes in transmittance of 0.1% rice starch suspension.

.....Akkibare, -x- Yongmun, -●- Taebaek, -○- U.S.A. and — Waxy rice.

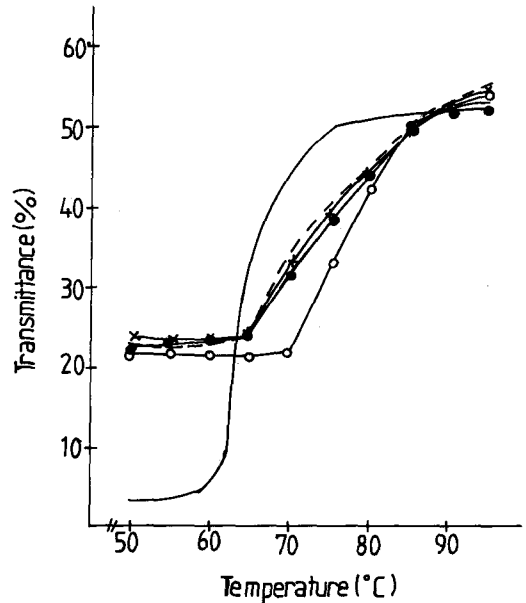


Fig. 6. Changes in transmittance of 0.1% heat-moisture treated rice starch suspension.

.....Akkibare, -x- Yongmun, -●- Taebaek, -○- U.S.A. and — Waxy rice.

도 생 전분과 같이 온도가 증가하면 광투과도가 증가하나 멥쌀 전분은 60°C 이하의 광투과도가 생 전분보다 4배 정도 증가되어 찹쌀 전분과는 다른 양상을 보여주었다.

수분-열처리 전분의 광투과도에 의한 호화온도는 모든 전분이 약 5°C정도 상승하였다. 이와같은 경향은 밀¹⁾, 보리²⁾, 감자³⁾, 칩⁴⁾ 및 빻⁵⁾ 전분에서도 나타났으며 이는 수분-열처리중에 전분의 micelle 구조의 변화에 기인된다고 생각된다.

사 사

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

참 고 문 헌

1. Kuge, T. and Kitamura, S. : J. Jpn. Soc. Starch Sci., 32 : 65(1985)
2. Sair, L. : In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R. L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.283, Academic Press, N. Y.(1964)
3. Kulp, K. and Lorenze, K. : Cereal Chem., 58 : 46(1981)
4. Lorenz, K. and Kulp, K. : Starch, 35 : 123(1983)

5. Lorenz, K. and Kulp, K. : *Starch*, 34 : 50(1982)
6. Lorenz, K. and Kulp, K. : *Cereal Chem.*, 58 : 49 (1981)
7. 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규 : *한국식품과학회지*, 16 : 29(1984)
8. AOAC : *Official Method of Analysis*, 13th ed. (1981)
9. Schoch, T. J. : In "Methods in Carbohydrates Chemistry", R. L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.101, Academic Press, N. Y.(1964)
10. Medcalf, D. G. and Gilles, K. A. : *Cereal Chem.*, 42 : 558(1965)
11. Williams, P. C., Kuzina, F. D. and Hlynka, I. : *Cereal Chem.*, 47 : 41(1970)
12. Montgomery, E. M. and Sont, F. R. : *J. Polymer. Sci.*, 28 : 1(1964)
13. Schoch, T. J. : In "Methods in Carbohydrates Chemistry", R. L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.106, Academic Press, N. Y.(1964)
14. Wilson, L. A., Birmingham, V. A., Moon, D. F. and Synder, H. E. : *Cereal Chem.*, 55 : 661(1978)
15. Esau, K. : *Anatomy of Seed Plants*, 2nd ed. John Wiley & Sons Inc., U. S. A.(1977)
16. Sair, L. : *Cereal Chem.*, 44 : 8(1967)
17. 송은, 신말식, 홍운호 : *한국농화학회지*, 30 : 242 (1987)
18. Madamba, L. S. P., Bustrillos, A. R. and San Pedro, E. L. : *Phillipp. Agric.*, 58 : 338(1975)
19. 차환수, 김관, 김성곤 : *한국농화학회지*, 27 : 252 (1984)
20. Juliano, B. O. : *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 29 : 305 (1982)
21. 김성곤, 이신영, 박용곤 : *한국식품과학회지*, 19 : 435(1987)
22. Naivikul, O. and D'Applonia, B. L. : *Cereal Chem.*, 56 : 24(1979)
23. Halick, J. V. and Kelly, V. J. : *Cereal Chem.*, 36 : 91(1959)
24. 장명숙 : *단국대학교 박사학위논문*(1987)
25. Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. : *Cereal Chem.*, 36 : 534(1959)
26. Wrang, R. B. K. and Lelievre, J. : *Starch*, 34 : 159(1982)
27. Biliadevis, C. G., Grant, D. R. and Vose, J. R. : *Cereal Chem.*, 58 : 496(1981)
28. 강길진, 박양균, 노일환, 김관, 김성곤 : *한국식품과학회지*, 19 : 97(1987)
29. 박홍현, 이규환, 김성곤 : *한국식품과학회지*, 18 : 437(1986)
30. French, D. : In "Starch : Chemistry and Technology", R. L. Whistler(ed.), Academic Press, Orlando(1984)

Modification of Physicochemical Properties of Rice Starch by Heat-Moisture Treatment

Soo-Kyung Kim and Mal-Shick Shin(Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju)

Abstract : Starch samples of rice and glutinous rice starches were adjusted to 27 % of moisture and heated at 100 °C for 16 hours, respectively. After the treatment, their physicochemical properties were investigated. The granule shapes of all the starches were polygonal and they became slightly bigger in their sizes after the treatment. All their X-ray diffraction patterns were A types. The specific gravity of the starches decreased to 1.03-1.09 by the treatment. The water binding capacity of rice starches increased, while that of glutinous counterparts slightly decreased. Almost no change in the amount of amylose included was found. Swelling power and solubility were increased with the increase of temperature. At a certain temperature, however, the solubility of the treated starches increased when the swelling power decreased. The initial gelatinization temperatures of Akkibare, Yongmun, and Taebaek starches were 60~65 °C but those of glutinous rice starch and U.S.A. rice starch were 55~60 °C and 70~75 °C, respectively, as measured by transmittance. The gelatinization temperature of the treated starches was higher than that of the untreated starches.