

저장조건에 따른 쌀전분의 이화학적 성질 변화

고용덕·최옥자*·박석규*·하희숙·성낙계**
금성사 생활시스템연구소, *순천대학교 식품영양학과,
**경상대학교 식품공학과

Changes in Physicochemical Properties of Rice Starch from Rice Stored at Different Conditions

Yong-Duck Ko, Ok-Ja Choi, Seok-Kyu Park, Hee-Suk Ha and Nack-Kie Sung

Living System Research Laboratory, Gold Star Co., Changwon 601-704, Korea

**Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon 540-070, Korea*

***Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Chinju 600-701, Korea*

Abstract

In order to know properties in rice starch during storage of rice, rice starch from stored rice(stored at 5°C, R.H. 65% and 30°C, R.H. 85%, for 16 weeks) used in this experiment. Water binding capacity of rice starch increased for 8 weeks, and then it decreased. As the storage period took longer, swelling power and solubility, optical transmittance, blue value, total amylose content and soluble amylose content decreased. For the same periods, changes in rice starch from stored rice(30°C, R.H. 85%) were made more than those in rice starch at 5°C, R.H. 65%. The granule shape of rice starch, irrespective of storage periods and conditions, didn't make a significant difference. The relative crystallinity of the rice starch by X-ray diffraction didn't distinctly changed till the second week. But, at the fourth week, that by X-ray diffraction significantly decreased, and then slightly decreased. As the storage period took longer, gelatinization temperature, melting temperature and melting enthalpy measured by DSC got higher, but gelatinization enthalpy got lower. For the same storage period, gelatinization temperature, melting temperature, gelatinization enthalpy and melting enthalpy of rice starch stored at 30°C, R.H. 85% made changes more than those of rice starch stored at 5°C, R.H. 65% did.

Key words: rice starch, physicochemical properties, storage condition

서 론

쌀은 가을에 수확된 후 저장된 상태로 주식으로 소비되므로 쌀의 저장조건 및 방법은 매우 중요하다. 쌀은 저장하는 동안 성분의 변화 뿐만 아니라 성분간의 상호작용으로 인하여 밥의 호화도가 낮아지고, 복은 냄새와 맛이 생성되며, 취반 후 단단하고 푸슬푸슬하게 되어 밥맛이 저하된다. 쌀의 저장 중 식미 저하의 주요인은 완전하게 밝혀지지는 않았지만 지질의 가수분해 및 산화반응으로 인한 유리지방산의 증가, 휘발성 성분인 hexanal의 생성^(1,2), 지방산과 전분의 복합체형성, 세포벽의 가교구조 형성, 교질성 전분과 단백질의 sol-gel형성, 불용성 형태로의 변화, 아밀로오스의 함량감소, 쌀의 이화학적 성질 변화 등으로 알려져 있다⁽³⁾. 지금까지 쌀의 저장 중 변화에 관한 연구로는 쌀의 품질특성⁽⁴⁾, 취반

특성^(5,6), 식미개선^(6,7), 전분의 성질⁽⁸⁾에 관한 연구가 있으나 온도와 저장기간에 따른 변화에 국한되어 있고, 저장 중 쌀전분에 대한 연구는 점도의 변화에 관한 것으로써 아직은 미흡한 실정이다. 따라서 본 실험에서는 여름철 기후조건(30°C, R.H. 85%)과 조절된 조건(4°C, R.H. 65%)에서 쌀을 각각 저장하여 온도와 습도의 차이에 따른 쌀전분의 이화학적 특성을 조사하여 쌀의 저장시 품질 변화를 줄일 수 있는 저장조건 및 방법을 모색하기 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

1993년 수확한 동진계화미(간척지쌀, 청결미, 일반계)를 구입하여 사용하였다.

쌀의 저장방법

고온다습의 저장은 팬이 부착된 항온기내에 항온(30°C) 및 항습(상대습도 85%, KCl 포화염용액 사용)이 된 상

Corresponding author: Ok-ja Choi, Department of food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon city, Chonnam 540-070, Korea

태에서 백미 3 kg을 일정한 용기(380×300×75 mm)에 각각 7개로 구분하여 저장하였으며, 0, 2, 4, 6, 8, 10, 16주 간격으로 분석하였다. 저온적습의 저장은 항온(5℃) 및 항습(상대습도 65%)이 되는 대형냉장고 내에 백미 3 kg을 고온다습의 경우와 동일한 용기와 기간으로 저장하여 분석하였다.

쌀의 일반성분 및 저장 중 수분함량 측정

쌀의 일반성분 및 저장 중 쌀의 수분함량은 AOAC법⁽⁹⁾에 준하였다.

전분의 조제

쌀전분의 조제는 알칼리 침지법⁽¹⁰⁾에 의하여었다. 쌀에 0.2% NaOH 용액을 가하고 Waring blender에서 2~3분간 마쇄한 후 100과 200 mesh 체를 차례로 통과시킨 후, 얻은 침전물을 뷰렛반응이 나타나지 않을 때까지 0.2% NaOH 용액으로 처리한 다음 증류수로 중성이 될 때까지 씻어 정제전분을 얻었다. 전분은 실온에서 2일간 건조한 후 분쇄하여 100 mesh 체를 통과시켰다.

이화학적 성질

쌀전분의 물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹¹⁾에 따라 측정하였고, 팽윤력 및 용해도는 Schoch의 방법⁽¹²⁾에 따라 50~90℃ 온도범위에서 5℃ 간격으로 측정하였다. 요오드반응은 Gilbert와 Spragg방법⁽¹³⁾에 의하여었고, 아밀로오스 함량은 Williams 등의 비색법⁽¹⁴⁾으로 정량하였으며, 아밀로오스 표준곡선은 Schoch butanol법⁽¹⁵⁾으로 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정 비율로 혼합한 다음, 위의 Williams 등의 방법⁽¹⁴⁾으로 작성하였다. 가용성의 아밀로오스 함량은 Juliano 등의 방법⁽¹⁶⁾에 따라 전분 200 mg을 98℃ 증류수 40 ml에 현탁시키고 98℃에서 8분간 유지한 후 1,000×g에서 20분 동안 원심분리하여 상정액으로부터 Williams 등의 비색법⁽¹⁴⁾으로 측정하였다. 광투과도는 Wilson 등의 방법⁽¹⁷⁾에 따라 0.2%의 전분 현탁액을 50~95℃까지 5℃ 간격으로 항온수조에서 5분간 가열한 후 분광광도계를 사용하여 625 nm에서 광투과도를 측정하였다.

X-선 회절도

X-선 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku Co. Japan)를 사용하여 target: Cu-Kα, filter: Ni, voltage: 35 kv, current: 15 mA, time constant: 1 sec, F.S.R: 1×10³ cps 조건으로 회절각도(2θ) 4~40°까지 회절하여 분석하였다. 전분의 상대적 결정화도는 Fig. 1과 같이 X-선 회절도에서 intensity가 최소가 되는 점들을 곡선으로 연결하여 윗부분의 면적(Ac)을 결정부분으로, 아래부분의 면적(Aa)을 비결정부분으로 나누어 Ac/(Ac+Aa)를 상대적 결정화도로 계산하였다⁽¹⁸⁾.

전분 입자의 형태

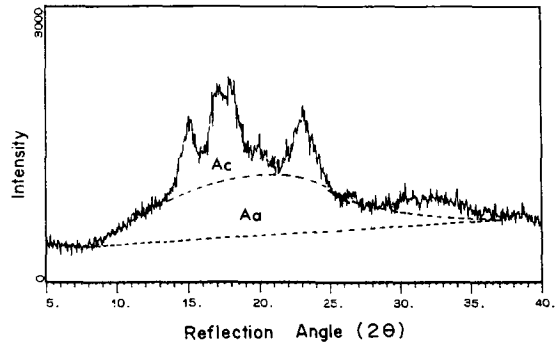


Fig. 1. X-ray diffraction patterns for relative crystallinity

Ac: crystalline region, Aa: amorphous region

주사 전자현미경(SEM, JEOL, JSM-35, Japan)을 사용하여 5,000배로 확대하여 관찰하였다.

Differential Scanning Calorimetry(DSC)

DSC분석은 Donovan 등의 방법⁽¹⁹⁾에 따라 전분 3 mg을 aluminum pan에 취하고 여기에 2배에 해당되는 증류수를 microsyringe로 가한 후 밀봉하여 하룻밤 방치한 다음, DSC(Perkin-Elmer, U.S.A)를 사용하여 30℃부터 150℃까지 10℃/min속도로 가열하여 흡열 peak를 얻었다. 이 peak로부터 호화개시온도, 호화정점온도, 호화종료온도 및 호화엔탈피를 구하였다.

결과 및 고찰

쌀의 일반성분

쌀과 쌀전분의 일반성분은 Table 1과 같다. 쌀의 일반성분은 지질함량이 0.59%로 김⁽²⁰⁾의 보고(0.3~0.5%)에 비하여 지질의 함량은 높았으나 다른 성분은 유사한 함량을 나타냈다. 쌀의 구성성분은 쌀의 품종, 재배환경, 도정도 등에 의해 다소 차이가 있다고 하였다. 알칼리 침지법에 의해 분리한 쌀전분은 쌀에 비하여 단백질, 지질, 회분의 함량이 각각 감소하였고, 각각의 함량은 0.27%, 0.16%, 0.13%로 박⁽²¹⁾의 보고와 유사하였다.

저장 중 쌀의 수분함량의 변화

저온적습과 고온다습의 저장조건에서 쌀의 경시적인 수분의 함량을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 8주 저장까지 지속적으로 증가하다가 그 이후는 큰 변화가 없이 약간 증가하였다. 고온다습은 저온적습 보다 1.1~1.4배 정도 함량이 높았고 변화의 증가폭도 크게 나타났다.

물결합력

쌀전분의 물결합력을 조사한 결과(Table 3), 쌀전분의 물결합력은 106.30%로 동진변 전분 105.20%⁽²²⁾, 아끼바레

Table 1. Chemical components of rice and rice starch

	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)
rice	11.12	7.07	0.59	0.54
rice starch	11.10	0.27	0.16	0.13

Table 2. Changes in moisture content of rice stored at LTH and HTH (% w/w)

Storage(week)	LTH ¹⁾	HTH ²⁾
0	11.12	11.12
2	11.26	12.11
4	11.36	14.92
6	12.24	16.54
8	14.07	19.07
10	14.72	19.46
16	14.90	19.73

¹⁾Low Temperature and Optimum Humidity (5°C, RH 65%)

²⁾High Temperature and Humidity (30°C, RH 85%)

Table 3. Changes in water-binding capacity of rice starch during storage of rice (%)

Storage(weeks)	LTH	HTH
0	106.30 ¹⁾ ± 0.24	106.30 ± 0.24
2	114.89 ± 0.35	117.18 ± 0.27
4	117.12 ± 0.49	118.75 ± 0.36
6	117.76 ± 0.33	119.00 ± 0.41
8	121.83 ± 0.40	125.72 ± 0.29
10	105.69 ± 0.51	93.68 ± 0.32
16	90.77 ± 0.43	92.22 ± 0.45

¹⁾Mean ± S.D based on 3 samples

전분 107.00%(²⁰⁾ 등의 일반계 쌀전분과 유사한 값을 나타내었다. 저장기간이 길어짐에 따라 8주까지는 물결합력이 점점 증가하였으나 그 이후부터는 감소하였고, 같은 저장기간일 경우 저온적습 보다 고온다습일 때가 물결합력이 더 높았다. 이 등(²³⁾은 4년 동안 저장한 쌀에서 분리한 전분이 수확 직후 분리한 쌀전분보다 물결합력이 더 낮았다고 하였다. 전분의 물결합력은 수분이 전분입자 표면에 흡착되거나 전분입자에 침투되는 정도를 측정하는 것으로 Halick 등(²⁴⁾은 전분입자의 내부치밀도가 낮은 것이 수분흡수가 크다고 하였는데 저장기간과 조건에 따라 물결합력의 정도는 차이가 있다고 생각된다.

팽윤력 및 용해도

쌀전분의 팽윤도 및 용해도는 Fig.2와 같다. 전분을 물과 함께 가열하면 전분입자가 팽윤되고 구성성분이 용출되는데 온도 및 전분의 종류에 영향을 받는다. 팽윤력은 전분이 수화되는 능력을 측정하는 것으로서 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 성질을 가지며 전분의 팽윤성질은 입자내 미셀구조의 강도와 성질에 큰 영향을

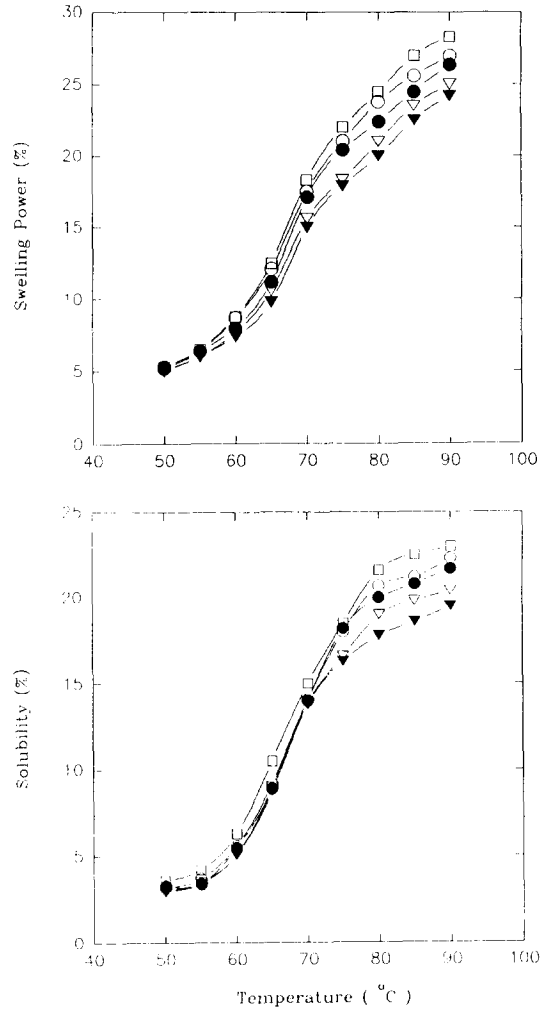


Fig. 2. Changes in swelling power and solubility of rice starch during storage of rice

□—□: Control, ○—○: LTH(6 weeks), ●—●: HTH(6 weeks), ▽—▽: LTH(16 weeks), ▼—▼: HTH(16 weeks)

받는다(고 한다(²⁵⁾). 쌀전분의 팽윤도는 60°C 이후 급격히 증가하였고 80°C 이후는 완만하게 증가하였다. 저장기간이 길어짐에 따라 팽윤도는 약간 감소하였으며, 저장기간이 같은 경우 저온적습에서보다 고온다습에서 저장하였을 때 더 낮게 나타났고, 팽윤시킨 온도가 높아질수록 시료간의 차이가 크게 나타났다. Rajendra 등(³⁾도 저온보다 고온에서 저장하였을 때 팽윤도와 용해도가 낮았다고 하였고 70°C 이하에는 큰 차이가 없었으며 그 이후의 온도에서는 차이가 있었다고 하였다. 저장 중 전분의 팽윤을 저해하는 것은 중성지질의 가수분해에 의하여 생긴 유리지방산이라고 알려져 있다(²⁶⁾). 또한 Leach 등(²⁷⁾은 전분 입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주며 결합정도가 강한 전분은 팽윤에 대하여 강하게 저항하

므로 온도 증가에 따른 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합정도를 알 수 있다고 하였다.

쌀전분의 용해도는 팽윤도와 마찬가지로 60°C 이후 급격히 증가하였고, 80°C 이후는 완만하게 증가하였다. 저장기간이 길어짐에 따라 용해도는 약간 감소하였으며, 저장기간이 같은 경우 저온적습에서보다 고온다습에서 저장하였을 때 약간 더 낮게 나타났고 변화정도는 팽윤력보다 더 적었다.

광투과도

0.2% 쌀전분 현탁액을 50~95°C 까지 5°C 간격으로

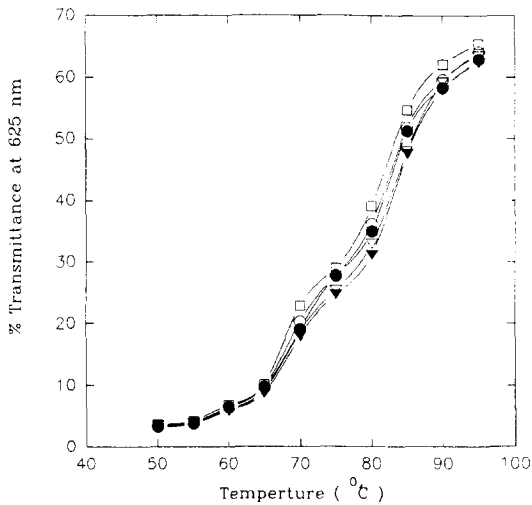


Fig. 3. Changes of the optical transmittance in the 0.2% suspension of rice starch during storage of rice
 □-□; Control, ○-○; LTH(6 weeks), ●-●; HTH(6 weeks), ▽-▽; LTH(16 weeks), ▼-▼; HTH(16 weeks)

가온하면서 측정된 광투과도는 Fig. 3과 같다. 쌀전분의 광투과도는 온도가 상승함에 따라 점점 증가하였고, 65~70°C에서 급격히 증가하여 이 온도범위에서 호화가 일어난다고 할 수 있다. 광투과도는 저장기간이 길수록 약간 낮았고, 저장 기간이 같을 때 저온적습보다 고온다습인 경우 약간 낮은 경향을 나타내었으나 시료간에 큰 차이는 없었다. Biliaderis 등⁽²⁸⁾은 전분의 호화개시 온도는 전분입자의 결정성에 영향을 받는다고 하였으며 아밀로펙틴의 branching 정도가 클수록 결정성이 낮고 호화온도도 낮다고 하였다.

요오드반응 및 아밀로오스 함량

쌀전분의 요오드반응 및 아밀로오스 함량은 Table 4와 같다. 쌀전분의 최대흡수파장은 604 nm이었고 그 때의 흡광도는 0.27로 나타났다. 박⁽²¹⁾은 동진벼 전분의 최대 흡수파장은 605 nm, 그 때의 흡광도는 0.286, blue value는 0.242로 보고하였는데, 본 실험과 거의 유사한 값을 보였다. 최대흡수파장은 저장기간과 조건에 의한 차이는 나타나지 않았고, 최대흡수파장에서의 흡광도와 blue value는 저장기간이 길어짐에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으며, 같은 저장기간인 경우 저온적습에서보다 고온다습의 조건에서 저장 하였을 때 약간 낮은 값을 나타내었다. Shoji와 Kurasawa⁽²⁹⁾는 저장할 때 쌀전분의 요오드반응이 낮게 나타나는 것은 아밀로오스 함량이 낮거나 아밀로오스 분자의 길이가 짧은 것이 많기 때문이라고 추정하였다.

쌀전분의 아밀로오스 함량은 22.3%로 나타났고, 김⁽²²⁾의 20.2%(동진벼), 박⁽²¹⁾의 21.2%(동진벼) 보다는 약간 높은 값을 보였다. 요오드 반응과 마찬가지로 저장기간이 길어짐에 따라 아밀로오스 함량은 감소하는 경향이었으며, 같은 저장기간일 경우 저온적습에서 저장할 때보다 고온다습에서 저장한 경우 더 낮은 함량을 나타내었다.

Table 4. Changes in λmax, absorbance at λmax, blue value and amylose content of rice starch during storage of rice

Storage (Weeks)	Conditions	λmax (nm)	A λmax	Blue value	Amylose content ¹⁾ (%)		
					Total	Soluble	Insoluble
0		604	0.27	0.23	22.3±0.37	12.9±0.62	9.4±0.50
2	LTH	604	0.26	0.23	22.3±0.40	12.9±0.25	9.4±0.33
	HTH	604	0.26	0.23	21.9±0.44	12.4±0.43	9.5±0.44
4	LTH	604	0.26	0.23	21.3±0.63	11.8±0.31	9.5±0.47
	HTH	604	0.25	0.22	21.3±0.35	11.7±0.41	9.6±0.38
6	LTH	604	0.26	0.22	21.4±0.37	11.9±0.25	9.5±0.31
	HTH	604	0.24	0.21	21.1±0.49	11.4±0.31	9.7±0.40
8	LTH	604	0.24	0.21	21.0±0.32	11.2±0.16	9.8±0.24
	HTH	604	0.23	0.19	19.8±0.60	10.0±0.24	9.8±0.42
10	LTH	604	0.23	0.20	20.6±0.19	10.8±0.46	9.8±0.33
	HTH	604	0.23	0.20	19.9±0.47	10.1±0.25	9.8±0.36
16	LTH	604	0.22	0.18	20.1±0.24	10.2±0.19	9.9±0.22
	HTH	604	0.21	0.19	19.7±0.58	9.6±0.16	10.1±0.37

¹⁾Means±S.D based on 3 samples.

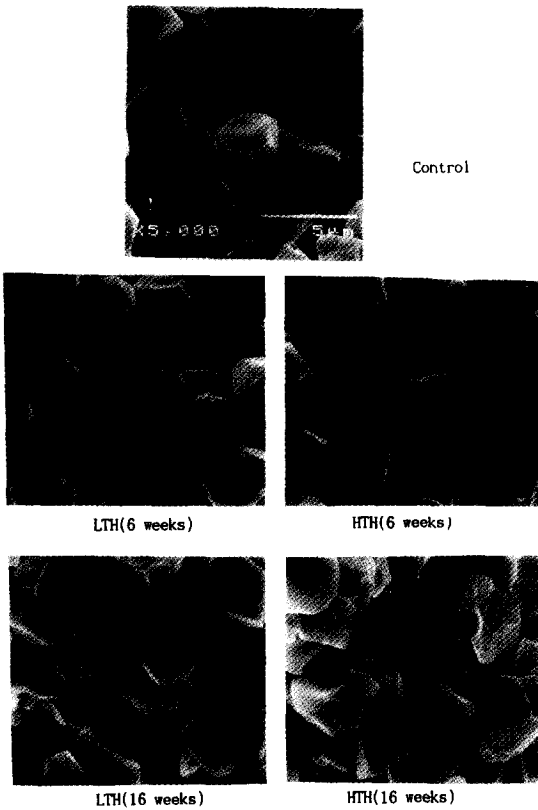


Fig. 4. Scanning electron micrographs of rice starch granule during storage of rice (×5,000)

가용성의 아밀로오스 함량은 12.9%로 나타났고 저장기간이 길어짐에 따라 점점 감소한 반면 불용성의 아밀로오스 함량은 증가하였으며, 같은 저장기간일 경우 저온적습에서보다 고온다습에서 더 낮은 값을 나타내었다. Rajendra⁽³⁾ 등도 저온에서보다 상온에서 저장하였을 때 가용성 아밀로오스 함량은 더 감소하고, 불용성 아밀로오스 함량은 증가한다고 하였으며, 저장 중 증가된 불용성 아밀로오스는 밥의 견고성과 관계있다고 하였다.

입자의 형태

쌀전분을 주사 전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 쌀전분의 크기는 2~6 μm이며 다면체로써 각면이 들어간 모양이었다. 이는 쌀전분이 전분립의 생합성 중에 복합 전분립의 형태로 들어 있다가 분리되었기 때문이며, 표면의 움푹 들어간 흔적은 단백질이 떨어져 나갔기 때문이다⁽³⁰⁾. 16주까지의 저장 기간 중 저장기간이나 저장조건에 의한 전분입자의 표면 형태와 크기는 거의 변화가 없었다. Shibuya 등⁽⁴⁾도 23C와 4C에서 12~24개월 저장하였을 때 전분입자의 형태는 차이가 없다고 하였다.

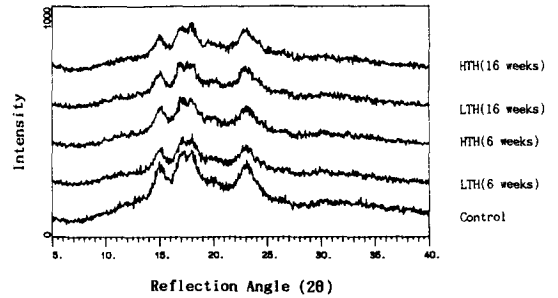


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of rice starch during storage of rice

Table 5. Changes in relative crystallinity of rice starch during storage of rice (%)

Storage(weeks)	LTH	HTH
0	39.39	39.39
2	38.95	38.87
4	35.83	34.40
6	34.91	33.20
8	34.08	33.46
10	34.03	33.80
16	32.95	32.16

X-ray 회절도

저장한 쌀로부터 분리한 쌀전분의 X-ray 회절도는 Fig. 5와 같다. 쌀전분은 회절각도(2θ) 15.0°, 17.0°, 18.0°, 23.0°에서 peak를 보이는 전형적인 A도형을 나타내었다. X-선 회절도형으로 결정부분과 비결정부분의 면적비를 계산하여 나타낸 상대적 결정화도는 Table 5와 같다. 저장기간이 길수록 상대적 결정화도는 낮아지는 경향을 보였는데, 저장 4주째부터 회절강도가 낮아 상대적 결정화도는 크게 감소하였으며 그 이후는 약간씩 감소하였다. 같은 저장기간 중 저온적습에서보다 고온다습에서 저장하였을 때 약간 낮게 나타났다. 이 등⁽²³⁾도 장기저장한 쌀에서 분리한 쌀전분이 상대적 결정화도가 낮았다고 보고하였다. 앞의 결과에서 저장기간이 길어짐에 따라 팽윤력 및 용해도가 낮아져 전분의 결정성이 높을 것으로 예상되었으나, 저장함에 따라 상대적 결정화도는 점점 낮아졌다. 따라서 팽윤력과 용해도가 낮아지는 것은 전분 입자의 결정성 이외의 다른 요인들이 관여한다고 생각된다.

Differential Scanning Calorimetry

쌀전분의 DSC의 특성치는 Table 6과 같다. DSC는 starch-water system의 상전이를 연구하는데 유용하며 호화온도범위와 엔탈피를 측정할 수 있으므로 전분을 정량적으로 분석하는데 많이 사용되고, 측정방법이 다른 방법에 비하여 간단하고 신속하며 적은 양의 시료를

Table 6. DSC characteristics of rice starch during storage of rice

Storage (weeks)	Conditions	Peak 1				Peak 2			
		T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH ₁ (cal/g)	T ₀ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH ₂ ¹⁾ (cal/g)
0		60.48	65.67	73.55	2.61	93.60	105.22	115.80	0.79
2	LTH	61.25	65.16	73.84	2.61	93.91	105.65	116.20	0.80
	HTH	61.79	65.93	73.86	2.62	92.46	105.72	116.34	0.81
4	LTH	62.23	67.05	74.92	2.58	93.72	106.24	116.72	0.81
	HTH	63.94	70.28	75.77	2.50	93.30	106.35	117.40	0.87
6	LTH	62.26	68.90	74.48	2.61	93.79	106.17	116.53	0.89
	HTH	63.13	69.39	75.80	2.42	93.21	106.43	117.05	0.96
8	LTH	63.12	69.24	75.12	2.56	93.92	106.54	117.64	0.91
	HTH	64.63	70.12	75.71	2.44	92.78	106.80	118.91	1.03
10	LTH	63.43	69.69	75.33	2.53	93.25	106.72	118.10	0.94
	HTH	64.72	71.01	76.43	2.38	92.76	106.76	118.43	1.05
16	LTH	64.67	70.07	76.23	2.37	93.40	106.12	118.07	1.00
	HTH	65.00	71.74	76.89	2.26	92.73	106.94	118.69	1.09

¹⁾T₀: onset temperature
 T_p: max. peak temperature
 T_c: completion temperature
 ΔH₁: gelatinization enthalpy
 ΔH₂: melting enthalpy

이용하여 측정할 수 있는 장점이 있다. 전분입자의 비결정영역에 흡수된 수분은 가열에 의하여 결정부분을 불안정화 시켜 호화를 일으키므로 전분의 호화는 수화에 의하여 촉진되는 helix-coil의 전환이라고 알려져 있다⁽³¹⁾. 쌀전분의 DSC 곡선은 2개의 peak를 나타냈다. 첫번째 peak는 호화 peak로서 호화개시온도, 호화정점온도, 호화종료온도는 각각 60.48°C, 65.67°C, 73.55°C로 나타났고, 호화엔탈피는 2.61 cal/g이었다. 이는 백⁽²¹⁾이 보고한 60.95°C, 66.66°C, 73.55°C 및 2.60 cal/g과 Ohya 등⁽³²⁾이 보고한 56.0°C, 65.4°C, 73.7°C 및 10.2 mJ/mg과 큰 차이는 나타나지 않았다.

저장기간이 길어짐에 따라 호화온도는 약간 높아졌으나 호화온도 범위는 차이가 거의 없었고, 호화엔탈피는 약간 감소하였는데 저온적습보다 고온다습에서 저장하였을 때 호화엔탈피가 더 낮았다. 저장기간이 길수록 전분의 호화온도가 상승하는 것은 저장 중에 나타나는 여러 성분의 변화에 기인한다고 생각하고 호화엔탈피가 낮아지는 것은 X-선 회절도에서 본 바와 같이 상대적 결정화도가 낮아지기 때문이라고 생각된다. 호화온도 범위는 아밀로펙틴의 분지도가 클수록 넓어진다고 하였는데⁽³³⁾ 본 실험에서는 저장 중 호화온도 범위가 넓어지는 특성은 나타나지 않았다.

두번째 peak는 아밀로오스와 지질 복합체가 용해되는 peak로서 90~120°C에서 나타난다고 알려져 있는데^(34, 36) 쌀전분은 92.46~118.69°C 온도 범위에서 peak가 나타났다. 저장기간이 길어짐에 따라 용해되는 온도범위가 다소 넓어졌고 용해되는 정점온도도 약간 상승되었으며, 엔탈피도 증가되었다. 동일한 저장기간인 경우 저온적습보다 고온다습에서 저장하였을 때 위와같은 경향이 두

렷하게 나타났다. 따라서 저장기간이 길어질수록, 저온적습 보다 고온다습에서 아밀로오스-지질의 복합체 함량이 증가한다고 할 수 있다. 위의 결과는 Table 4에서 총아밀로오스 함량이 저장기간이 길어질수록, 저온적습에서 보다 고온다습에서 더 감소되는 것과 관계있다고 생각된다.

요 약

저온적습(5°C, 65%)과 고온다습(30°C, 85%) 조건에서 16주 동안 저장한 쌀로부터 분리한 전분의 이화학적 성질은 다음과 같다.

물결합력은 저장 8주까지는 약간씩 증가하다가 그 이후는 감소하였으며, 저장기간이 같은 경우 저온적습보다 고온다습에서 저장하였을 때 더 높은 경향을 보였다. 팽윤력, 용해도, 광투과도, 요오드반응 및 총아밀로오스 함량은 저장기간이 길어짐에 따라 각각 감소되었고, 저장기간이 같은 경우 저온적습에서보다 고온다습에서 저장하였을 때 약간 낮은 값을 보였다. 전분입자의 크기는 2~6 μm 정도이며 저장기간과 조건에 따른 입자의 크기나 표면형태의 변화는 나타나지 않았다. X-ray 회절도에 의한 상대적 결정화도는 저장 4주째부터 크게 낮아졌으며 그 이후는 약간씩 감소되었고, 저장기간이 같은 경우 저온적습보다 고온다습에서 더 낮았다. DSC분석 결과 저장기간이 길어짐에 따라 호화온도는 약간 상승되었으나, 호화온도 범위는 차이가 없었고 호화엔탈피는 약간 낮았다. 저장기간이 같은 경우 저온적습보다 고온다습에서 변화도도가 더 크게 나타났다. 고온에서 나타나는 amylose-lipid complex melting peak는

저장기간이 길어짐에 따라 용해되는 온도범위가 다소 넓어졌고 정점온도도 약간 상승되었으며, 엔탈피도 증가되었다. 동일한 저장기간인 경우 저온적습 보다 고온 다습에서 저장하였을 때 위와 같은 경향이 뚜렷하게 나타났다.

문 헌

- Shibuya, N., Iwasaki, T., Yanase, H. and Chikubu, S.: Studies on deterioration of rice during storage. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 21, 597 (1974)
- 김영배, 한원남, 유태종: 쌀바구미와 곰팡이가 저장미의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 17, 399 (1985)
- Rajendra Kumar, K. and Zakiuddin Ali. S. Mysore(India): Properties of rice starch from paddy stored in cold and at room temperature. *Starch*, 43, 165 (1991)
- 이병영, 김영배, 손종록, 윤인화, 한판주: 미국의 장기 저장에 의한 품질특성 변화. *한국농화학회지*, 34, 262 (1991)
- Inoue, T. and Suzuki, H.: Effects of storage period, Milling degree of stored brown rice grain, and soaking of milled rice grains on the properties of cooked rice grains. *Science of cookery Jpn.*, 19, 313 (1986)
- Watanabe, M.: Improving cooking properties of aged rice grains. *Denpun Kagaku*, 40, 163 (1993)
- Hamajima, N. and Yoshimatsu, F.: Effect of salad addition on the taste of the stored rice. *Science of cookery Jpn.*, 15, 222 (1982)
- Shibuya, N., Iwasaki, T. and Chikubu, S.: On the changes of rice starch during of rice. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 24, 55 (1977)
- Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis. 15th ed. Washington, D.C. (1990)
- Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T.: Properties of rice starch prepared by alkali method with various condition. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 20, 99 (1973)
- Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, 42, 558 (1965)
- Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In "Methods in Carbohydrate Chemistry", Vol. 4 ed. by Whistler, R.L., Academic Press, p.106 (1964)
- Gilbert, G.A. and Spragg, S.P.: Iodimetric determination of amylose. In "Methods in Carbohydrate Chemistry", ed. by Whistler, R.L., Vol. 4, Academic Press, New York, p.168 (1964)
- Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: A rapid calorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, 47, 411 (1970)
- Schoch, T.J. and Leach, W.: Whole starches and modified starches. In "Methods in carbohydrate chemistry", ed. by Whistler, R.L., Vol. 4, Academic Press, New York, N.Y., p.101 (1964)
- Juliano, B.O., Villareal, R.M., Perez, C.M., Villareal, C.P., Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Varietal difference in properties among high amylose rice starch. *Starch*, 39, 390 (1987)
- Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, 55, 661 (1978)
- Komiya, T., Nara, S. and Tsu, M.: Change in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Starch*, 38, 9 (1986)
- Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, 60, 381 (1983)
- 김수경: 취반조건이 밥의 노화에 미치는 영향. 전남대학교 박사학위논문 (1994)
- 박양균: 동진벼와 삼강벼 전분의 호화 및 산처리 특성. 전남대학교 박사학위논문 (1989)
- 김수경: 수분-열처리에 따른 쌀전분의 이화학적 성질. 전남대학교 석사학위논문 (1990)
- 이상금, 신말식: 저장쌀로부터 분리한 쌀전분의 이화학적 특성. *가정과학연구*, 1, 49 (1991)
- Halick, J.V. and Kelly, V.J.: Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.*, 36, 91 (1959)
- 이애랑, 김성곤: 두류전분의 호화와 겔화 성질. *한국영양식량학회지*, 21, 738 (1992)
- Shibuya, N., Iwasaki, T. and Chikubu, S.: Role of the fatty acids in the changes of rheological properties of cooked rice and its paste during storage of rice. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 24, 67 (1977)
- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J.: Structure of the starch granule I. Swelling and solubility pattern of various starches. *Cereal Chem.*, 35, 534 (1959)
- Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R.: Structural characterization of legume starches I. Studies on amylose, amlopectin and beta-limit dextrins. *Cereal Chem.*, 58, 496 (1981)
- Shoji, I. and Kurasawa, H.: On the viscosity of rice and rice starch by Brabender amylogram(part 3). *J. of Home Economics Jpn.*, 32, 350 (1981)
- 길복임: 쌀밥의 텍스처와 전분성질과의 관계. 서울대학교 석사학위논문 (1987)
- 김향숙: 아밀로오스와 아밀로펙틴이 밥의 texture에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문 (1987)
- Ohya, C. and Kawabata, A.: The structure and gelatinization properties of rice starch prepared from different varieties. *Nippon shokuhin kogyo gakkaishi*, 40, 225 (1993)
- Nakazawa, F., Noguchi, S., Takahashi, J. and Takada, M.: Gelatinization and retrogradation of rice starch studied by differential scanning calorimetry. *Agri. Biol. Chem.*, 48, 201 (1983)
- Kugimiya, M., Donovan, J.W. and Berkely, R.Y.M.: Phase transitions of amylose-lipid complexes in starches. *Starch*, 32, 265 (1980)
- Kugimiya, M. and Donovan, J.W.: Calorimetric determination of the amylose content of starches based on formation and melting of the amylose-lysolecithin complex. *J. Food Sci.*, 46, 765 (1981)
- Raphaelides, S. and Karkalas, J.: Thermal dissociation of amylose-fatty acid complexes. *Carbohydrate Research*, 172, 65 (1988)