

## 인산 쌀 전분의 이화학적 특성

정재홍\* · 이미현 · 오만진†

충남대학교 식품공학과

\*오뚜기라면 연구실

## Physicochemical Properties of Phosphorylated Rice Starch

Jae-Hong Jeong\*, Mi-Hyun Lee and Man-Jin Oh†

Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea

\*Research and Development Lab., Ottogi Ramyon Co, Ltd, Pyeongtaeg 451-880, Korea

### Abstract

Starch phosphates were prepared by dry heating method using sodium triphosphate as a substitution reagent and their physicochemical properties were investigated with the chucheongbyeo and samkangbyeo. The solubility and swelling power of rice starches were increased by phosphorylation reaction. The solubility of the chucheongbyeo was greater than that of samkangbyeo, but the swelling power was appeared in vice versa. The transparency of raw starch was increased at the 60°C, but phosphorylated rice starch was begun to increase from 50°C. Light transmittance was higher in the phosphorylated rice starch. The lightness of phosphorylated rice starch decreased more than that of raw starch. Whereas the yellowness of phosphorylated rice starch increased. The temperature of initial gelatinization of the phosphorylated chucheong and samkang rice starch was shown to 50°C and 53°C, respectively, lowering 14~15°C in temperature by the phosphorylation. The viscosity as well as by the phosphorylation reaction was raised 7.4~8.4 times, respectively. The hardness, adhesiveness, cohesiveness and texture which is rheological properties of starch gel increased by the phosphorylation reaction. The chucheong rice starch gel was slightly higher in its rheological values than that of the samkang rice starch gel. The rice starch particles were shown to polygonal structure, but they were deformed in the phosphorylated starch.

**Key words** : rice starch, starch phosphate

### 서 론

변성 전분은 전분의  $\alpha$ 화<sup>1)</sup>, 가수분해<sup>2)</sup>, 유도체화의 방법<sup>3)</sup>에 의하여 얻어질 수 있으며, 전분 유도체중 에스테르 전분에는 초산, 인산, 황산 전분이 있다<sup>4)</sup>. 이 중 인산 전분은 전분에 인산 염류를 가하여 반응시킴으로서 전분의 수산기가 인산과 monoester와 diester화한 변성 전분으로 원료 전분에 비하여 호화 개시 온도가 낮고, 팽윤력과 투명도가 증가하며, 노화의 지연, 냉·해동시 안전성이 높아 즉석 면류를 비롯한 식품 산업에서 널리 이용되고 있으며 법적으로 식품 첨가물로 인정하고 있다<sup>5,6)</sup>.

Chang과 Li<sup>7)</sup>는 canna, cassava 및 감자 전분 등을 원료로하여 인산 전분을 제조하였을 때 원료 전분에 비하여 호화 개시 온도가 낮아지고 이수 현상이 적어졌다고 보고하였으며, 김 등<sup>8)</sup>은 옥수수 전분을 원료로하여 전식법에 의해 제조한 인산 전분과 extrusion-공법에 의하여 얻어진 인산 전분이 이용성이 높았다고 보고한 바 있다. 이상에서와 같이 인산 전분 제조 원료로서는 주로 감자, 옥수수 및 cassava 등의 전분을 대상으로 수행되었으며 쌀 전분을 이용한 인산 전분의 제조 연구는 찾아 볼 수 없다.

본 연구에서는 전보<sup>9)</sup>에 이어 쌀의 합리적인 활용 방법을 검토하기 위하여 쌀 전분을 제조한 후 sodium triphosphate를 가하고 가열 처리하여 얻어진 인산 쌀 전분과 원료 전분과의 이화학적인 성질을 비교하였다.

† To whom all correspondence should be addressed

## 재료 및 방법

### 시료 및 반응 시약

공시 재료인 쌀은 농촌진흥청 시험포에서 재배한 1991년산 추청벼 및 삼강벼를 10분도로 도정하여 15°C에서 보존하면서 사용하였고, 반응 시약은 덕산 제약(주)의 sodium tripolyphosphate를 사용하였다.

### 쌀 전분의 제조

쌀 전분은 Saito의 방법<sup>10)</sup>을 일부 변형한 알칼리 처리법에 의하여 제조하였으며, 쌀 전분의 일반성분은 수분 12.20%, 탄수화물 87.60%, 조단백 0.06%, 조지방 0.06%, 조섬유 0.01%, 회분 0.06%이었다.

### 인산 쌀 전분의 제조

인산 쌀 전분의 제조는 Paschall의 건식법<sup>11)</sup>에 따랐다. 즉 쌀 전분 100g을 15% sodium triphosphate 180 ml에 가하여 15분간 교반한 뒤 50°C에서 건조한 후(수분 함량 18%), 150°C의 oil bath상에서 hand mixer기(model BC-1202, China)로 30분간 교반 반응 시킨 후 증류수로 5번 수세하고, 50°C에서 건조하여 인산 쌀 전분을 제조하였다.

### 인산 쌀 전분의 치환도

인산 쌀 전분의 치환도는 Smith와 Caruso<sup>12)</sup>의 방법에 따라 인산염을 정량한 후 Paschall<sup>11)</sup>식에 의하여 치환도를 계산 하였다.

$$\text{치환도 (degree of substitution D. S.)} = \frac{162P}{3100 - 124P}$$

<P; 인의 함량(%)>

### 용해도, 팽윤력

시료 전분의 용해도와 팽윤력은 Leach 등의 방법<sup>13)</sup>에 따라 전분 시료 1g을 원심관에 넣고 증류수 50ml를 넣어 50~90°C의 수조에서 1시간 교반 가온한 후, 증류수를 가하여 총 용량이 50ml되도록 조정한다. 다음 4,000rpm, 30분간 원심분리하였다. 상층액을 취하여 침전물의 양을 측정하고, 상층액중의 전당량을 Phenol-sulfuric acid법<sup>14)</sup>으로 측정하여 침전물의 양과 전당의 농도로부터 용해도와 팽윤력을 구하였다.

### 광투과도

시료 전분의 광투과도는 Wilson 등의 방법<sup>15)</sup>에 따라 0.1%시료를 30~90°C의 온도 범위에서 분광광도계를

600nm에서 광투과도를 측정하였다.

### 색도

시료 전분의 색도는 micro match color difference meter(model D25A-21CS Co, England)를 이용하여 Hunter L, a, b 값으로 표시하였다.

### 시료 전분의 amylogram 특성

시료 전분의 amylogram은 Medcalf와 Gilles의 방법<sup>16)</sup>에 따라 amylograph(model DC-3, Brabender, Germany)를 사용하여 시료 농도 5%로 30~95°C까지 1.5°C/min의 비율로 승온 시킨 후, 95°C로 30분간 항온 유지 후 50°C까지 1.5°C/min의 비율로 냉각하여 50°C에서 30분간 유지하면서 amylogram을 도시하였다.

### 시료 전분 겔의 조직 특성

전분 겔의 조직 측정은 정 등<sup>9)</sup>의 방법에 따라 50% 전분 현탁액을 100°C로 30분간 가열하여 호화한 후 냉각 시킨 다음 15mm 두께로 잘라 universal testing machine을 이용하여 Sample height 10mm, Clearance 4mm, Chart speed 100mm/min, Plunger diameter 32mm, Cross head speed 100mm/min, Load cell 50kg, Voltage 2volts의 조건에서 측정하였다.

### 시료 전분 입자의 표면 구조

시료 전분 입자의 표면 구조는 주사 전자 현미경(model ISI-DS 130, scanning electron microscope, Akashi, Japan)을 사용하여 2,000배로 확대하여 관찰하였다<sup>9)</sup>.

## 결과 및 고찰

쌀 전분에 15% sodium tripolyphosphate를 가하여 150°C에서 30분간 반응시켜 얻어진 인산 쌀 전분(D. S.=0.015)의 이화학적 성질은 다음과 같았다.

### 용해도, 팽윤력

전분 입자의 흡수성 및 micell 구조의 치밀도를 관찰하기 위하여 물에 전분을 분산시켜 가열 후 원심 분리하여 용해도를 측정할 결과는 Fig. 1과 같이 55°C부터 점차 증가하였으며, 인산 쌀 전분이 쌀 전분보다 30~40% 정도 높았으며, 추청벼 전분이 삼강벼 전분에서 보다 높았다. 또한 가열 온도에 따른 팽윤력은 Fig. 2와 같이 온도 상승에 따라 전분 입자의 결합력이 점차 약해져 팽윤력이 증가하기 시작하였으며 삼강벼 전분이

추청벼 전분에서 보다 높았고, 인산 쌀 전분이 정 등이 보고한 초산 쌀 전분보다 훨씬 높았다.

광투과도

인산 쌀 전분의 광투과도는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 온도 증가에 따라 각 전분 모두 증가하는 현상을 보

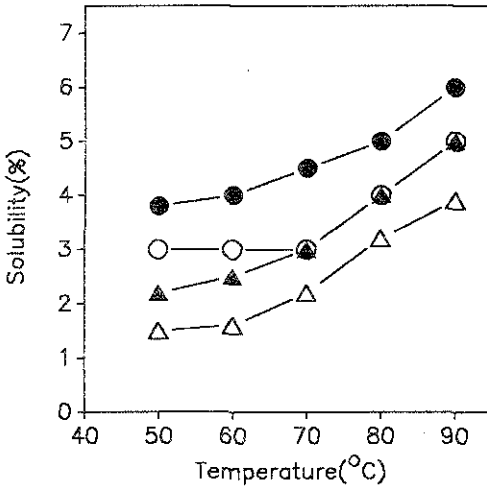


Fig. 1. Solubility of rice starches and phosphorylated rice starches.

- : Chucheongbyeo starch
- : Phosphorylated chucheongbyeo starch
- △—△ : Samkangbyeo starch
- ▲—▲ : Phosphorylated samkangbyeo starch

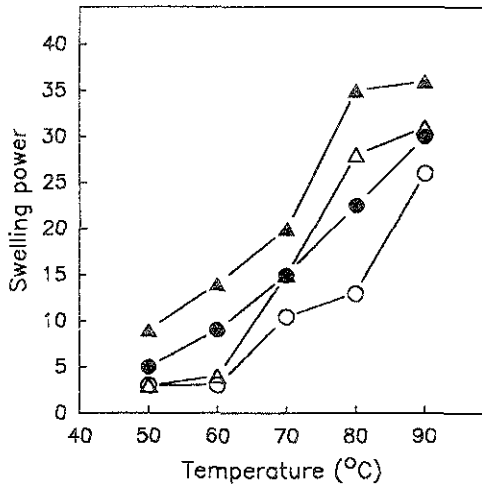


Fig. 2. Swelling power of rice starches and phosphorylated rice starches.

- : Chucheongbyeo starch
- : Phosphorylated chucheongbyeo starch
- △—△ : Samkangbyeo starch
- ▲—▲ : Phosphorylated samkangbyeo starch

였으며 60°C에서는 인산 처리한 전분이 원료 전분보다 투과율의 상승 비율이 상당히 높았고, 추청벼 전분이 삼강벼 전분보다 약간 높았다. 인산 쌀 전분은 초산 쌀 전분보다 낮은 투명도를 나타내었다. 인산 쌀 전분은 인산기의 도입에 의하여 원료 전분의 수산기가 인산기로 치환됨에 따라 전분의 극성이 변하여 전분의 물성 뿐만 아니라 페이스트의 투명도를 높인다고 보고한 Salay와 Ciacco<sup>12)</sup>와 Hamilton와 Paschall<sup>14)</sup>의 연구결과와 비슷한 경향이였다.

색도

인산 쌀 전분의 색도를 원료 전분과 비교하여 볼 때 Table 1에서 보는 바와 같이 명도가 감소하였으며, 적색도 및 황색도가 증가하는 경향을 보여 건식법으로 제조한 인산 쌀 전분은 초산 쌀 전분에 비하여 색도가 현저하게 나쁜 것을 알 수 있었으며 품종별 원료 전분의 명도, 적색도, 황색도는 거의 비슷하였으나 인산 처리한 쌀 전분에서는 삼강벼 인산 전분이 추청벼 인산

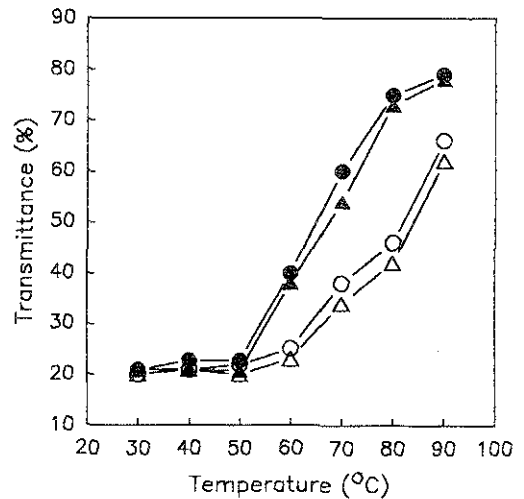


Fig. 3. Changes in transmittance of rice starch and phosphorylated rice starch solutions.

- : Chucheongbyeo starch
- : Phosphorylated chucheongbyeo starch
- △—△ : Samkangbyeo starch
- ▲—▲ : Phosphorylated samkangbyeo starch

Table 1. Color of rice starches

Sample	L	a	b
Chucheongbyeo starch	92.8	3.3	6.9
Phosphorylated chucheongbyeo starch	69.7	8.4	9.7
Samkangbyeo starch	93.0	3.2	7.5
Phosphorylated samkangbyeo starch	79.3	6.6	8.9

전분보다 색도가 양호하였다. 이는 김 등<sup>8)</sup>이 치환도가 증가할수록 황색도가 증가하는 경향을 보였다고 한 결과와 비슷하였다.

인산 쌀 전분의 amylogram

인산 쌀 전분의 amylogram 특성을 측정한 결과는 Fig. 4, 5에서 보는 바와 같이 인산 처리한 추청벼와 삼강벼 전분의 호화 개시 온도는 각각 50°C, 53°C로 원료 전분의 호화 개시 온도 65°C, 67°C에 비하여 14~15°C 낮아짐을 알 수 있었으며, 이것은 정 등<sup>9)</sup>이 보고한 초산 처리 쌀 전분의 호화 개시 온도 62°C, 69°C 보다 더욱 낮아졌음을 알 수 있었다. 최고 점도는 추청벼와 삼강벼 전분이 160B.U., 180B.U.에서 인산 처리에 의하여 1,340B.U.로 높아졌으며 원료 전분에 비하여 8.5배 증가하였다. 인산 처리에 의하여 최고 점도가 되는 온도는 추청벼 및 삼강벼 전분이 83°C, 85°C에서 각각 63°C, 66°C로 낮아졌으며, 95°C의 점도는 138B.U., 190B.U.

에서 각각 242B.U., 280B.U.로 높아졌고, 50°C에서의 점도는 400B.U., 380B.U.에서 530B.U.로 높아졌다.

이상의 amylogram 특성을 종합하여 볼 때 인산 처리 전분이 원료 전분보다 호화 개시 온도가 낮았으며, 두 품종 중 삼강벼 전분은 추청벼 전분보다 호화 온도가 낮고 호화 후의 점성이 낮고 호화 과정중의 점도 변화가 적었다.

전분 겔의 조직 특성

쌀 전분 겔의 조직 특성은 Table 2에서 나타난 바와 같이 추청벼 및 삼강벼 전분 겔의 견고성은 각각 5.21kgf, 4.78kgf로 추청벼 전분 겔이 다소 높게 나타났으며, 인산 처리한 추청벼와 삼강벼 전분 겔이 각각 12.15kgf, 8.92kgf로 원료 전분보다 현저히 높음을 알 수 있었다.

응집성은 추청벼 및 삼강벼 전분 겔이 각각 0.52kgf, 0.74kgf로 삼강벼 전분 겔이 다소 높았으며 인산 처리

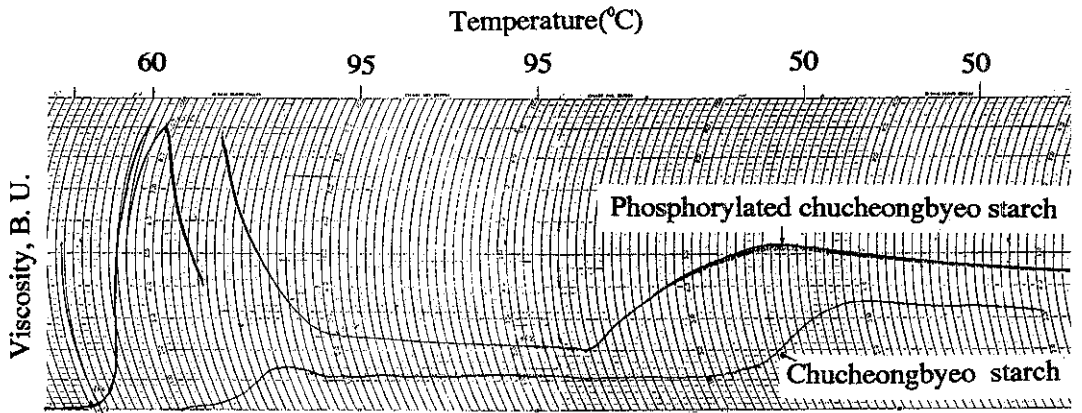


Fig. 4. Amylogram of chucheongbyeo starch and phosphorylated chucheongbyeo starch.

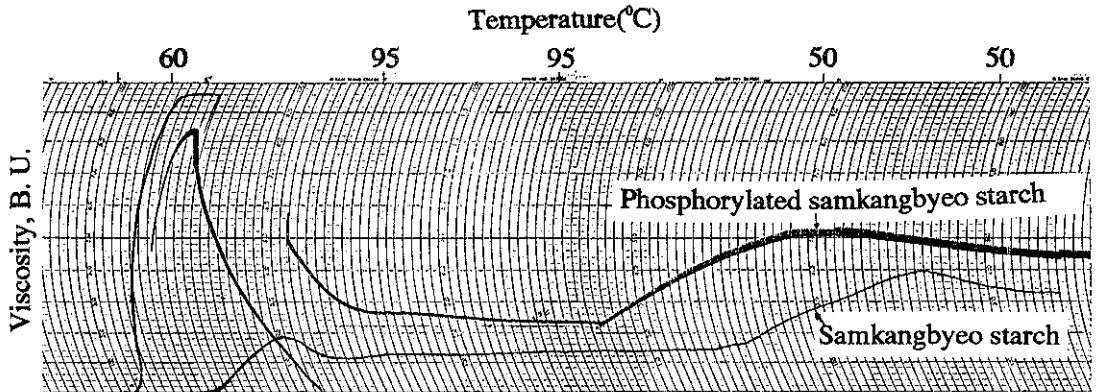


Fig. 5. Amylogram of samkangbyeo starch and phosphorylated samkangbyeo starch.

한 경우는 원료 전분에 비해 다소 높게 나타났다.

점착성은 추청벼 및 삼강벼 전분 겔 모두 8.0kgf으로 두 전분 간에는 차이가 없었으며 인산 처리한 전분의 경우에는 추청벼 전분 겔 32.50kgf, 삼강벼 전분 겔 29.50kgf로 원료 전분에 비하여 현저히 높았다.

탄력성은 추청벼 전분 겔이 11.00kgf, 삼강벼 전분 겔이 13kgf로 삼강벼 전분 겔이 다소 높았으며 인산 처

리한 전분 겔은 각각 15kgf, 14kgf로 인산 처리에 의하여 다소 높게 나타났다.

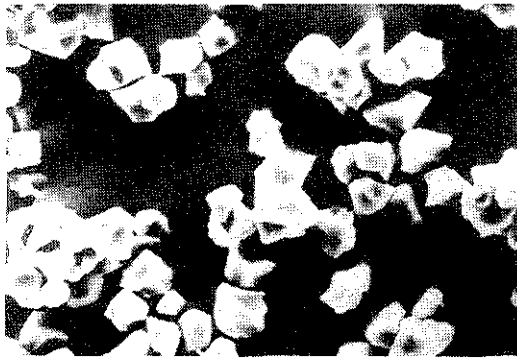
점착성은 추청벼 전분 겔이 2.71kgf, 삼강벼 전분 겔이 3.54kgf로 삼강벼 전분 겔이 다소 높았으며 인산 처리한 전분 겔은 각각 7.68kgf, 5.31kgf로 인산 처리에 의하여 상당히 증가하였다.

썩힘성은 추청 및 삼강벼 전분 겔이 각각 29.81kgf,

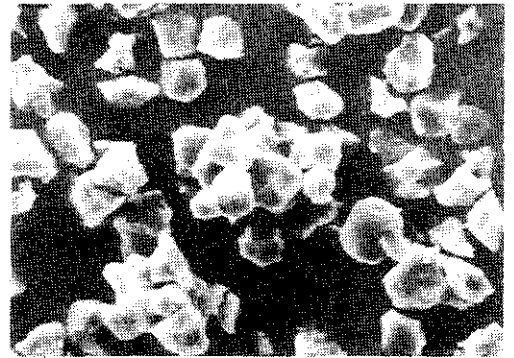
Table 2. Textural parameters of rice starch gels and phosphorylate rice starch gels

(unit : kgf)

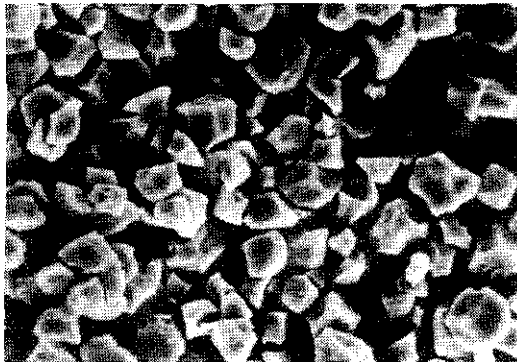
Sample	Hardness	Cohesiveness	Adhesiveness	Springiness	Gumminess	Chewiness
Chucheongbyeo starch gel	5.21	0.52	8.00	11.00	2.71	29.81
Phosphorylated chucheongbyeo starch gel	12.15	0.76	32.50	15.00	7.68	92.34
Samkangbyeo starch gel	4.78	0.74	8.00	13.00	3.54	40.71
Phosphorylated samkangbyeo starch gel	8.92	0.78	29.50	14.00	5.31	82.10



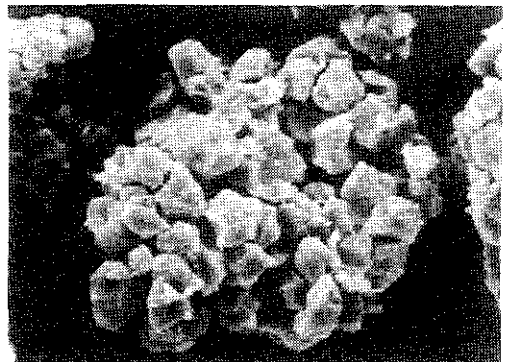
Chucheongbyeo starch



Phosphorylated chucheongbyeo starch



Samkangbyeo starch



Phosphorylated samkangbyeo starch

Fig. 6. Microscopic appearance of chucheongbyeo starch, phosphorylated chucheongbyeo starch, samkangbyeo starch and phosphorylated samkangbyeo starch (X2,000).

40.71kgf로 삼강벼 전분 겔이 높게 나타났으며 인산 처리한 경우는 추청벼 전분 겔이 92.34kgf, 삼강벼 전분 겔이 82.10kgf로 추청벼 전분 겔이 훨씬 높았으며 인산 처리에 의하여 상당히 증가하였다.

시료 전분 입자의 표면 구조

시료 전분의 표면 구조를 관찰한 결과는 Fig. 6과 같다. 쌀 전분의 표면 구조는 다각형의 모양으로 품종간에 차이가 없었으며, 인산 처리에 의하여 추청벼 전분은 원료 전분보다 상온에서 쉽게 팽윤되어 입자의 크기가 증가하는 현상을 관찰할 수 있었으며 초산 처리 전분의 표면 구조와 거의 비슷한 경향을 나타냈다<sup>9)</sup>. 이러한 현상은 치환된 인산기에 의하여 친수성의 증가와 함께 전분 입자의 팽윤이 일어난 것으로 설명할 수 있겠다. 이것은 옥수수 전분의 처리 온도에 따른 팽윤력은 온도 증가에 따라 증가하게 된다는 서<sup>10)</sup>의 보고와 비슷하였다.

요 약

인산 쌀 전분을 제조, 이용하기 위한 기초 자료를 얻기 위하여 추청벼와 삼강벼를 원료로하여 쌀 전분을 제조하고 이에 15% sodium tripolyphosphate를 가하여 150°C에서 30분간 반응시켜 얻어진 인산 쌀 전분(D.S.=0.015)의 이화학적 성질을 검토하였다. 인산 쌀 전분의 용해도와 팽윤력은 원료 전분에 비하여 높았으며 품종간에 약간의 차이를 나타내었고, 인산 쌀 전분의 투명도는 원료 전분에 비하여 높았으며 원료 전분은 60°C, 인산 쌀 전분은 50°C부터 증가하기 시작하였다. 인산 쌀 전분의 색도는 원료 전분에 비하여 명도가 감소하였으며, 적색도 및 황색도는 증가하였다. 이것은 초산 처리 쌀 전분보다는 색상에서 좋지않게 평가되었다<sup>9)</sup>. 인산 처리한 추청벼 및 삼강벼 전분의 호화 개시 온도는 각각 50°C, 53°C로서 인산 처리에 의해 원료 쌀 전분보다 14~15°C 낮아졌으며, 인산 쌀 전분의 점도는 원료 쌀 전분에 비하여 7.4~8.4배 증가하였고 추청벼 전분이 삼강벼 전분보다 높게 나타났다. 인산 쌀 전분 겔의 견고성, 응집성, 점착성, 탄력성, 점착성 및 씹힘성은 원료 전분 겔보다 높았으며 두 품종간에는 추청벼 전분이 다소 높았다. 인산 쌀 전분 입자의 표면 구조는 원료 쌀 전분에 비하여 다소 팽윤되어 형클어진 형태를 나타냈다. 이상의 결과를 볼 때 인산 처리 쌀 전분이 원료 쌀 전분보다 호화 개시 온도가 낮고, 점도가 높아 즉석면의 제조시 호화 온도를 낮추고

쫄깃 쫄깃한 촉감의 면을 만들수 있음을 시사하고 있으며, 정이 보고<sup>20)</sup>한 초산 처리 쌀 전분과 이용성을 비교할 때 인산 처리 전분이 라면 제조에 있어 더 효과적인 일 것임이 예상된다.

문 헌

1. Kaiyama, C., Hizukuri, S. and Nikuni, E. : Studies on measurement of  $\alpha$ -degree of starch by glycoamylase. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **13**, 69 (1968)
2. Miyakoshi, K. and Kikuchi, K. : Several properties of sodium hypochlorite oxidized corn starch. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **22**, 12 (1975)
3. Kuniak, L. and Marchessault, R. H. : Study of the crosslinking reaction between epichlorohydrin and starch. *Die Stärke*, **24**, 110 (1972)
4. Nakamura, M. and Suzuki, S. : *Handbook of Starch Science*, p.497 (1980)
5. Wurzburg, O. B. and Szymansky, C. D. : Modified starches for the food industry. *J. Agri. Food Chem.*, **18**, 997 (1970)
6. Wurzburg, O. B. : Starch in the food industry. In "Handbook of food additives" Whistler, R. L.(ed.), Chemical rubber Co., Ohio, p.378 (1968)
7. Chang, S. M. and Lii, C. Y. : Preparation of some modified starch and their properties. *Bulletin of the Institute of Chemistry, Academia Sinica*, **28**, 59 (1981)
8. 김종태, 류기형, 김동철, 김철진 : 전식법과 extrusion 공정에 의해 제조한 인산 전분의 이화학적 성질비교. *한국식품과학회지*, **22**, 651 (1990)
9. 정재홍, 배정설, 오만진 : 초산 쌀 전분의 이화학적 특성. *한국식품과학회지*, **25**, 123 (1993)
10. Saito, S. : Rice starch and rice powder as materials for food industry. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **27**, 295 (1980)
11. Paschall, E. F. : Method. In "Carbohydrate chemistry" Whistler, R. L.(ed.), Academic Press, Vol.4, p.294 (1964)
12. Smith, R. J. and Caruso, J. L. : Method. In "Carbohydrate chemistry" Whistler, R. L.(ed.), Academic Press, Vol.4, p.42 (1964)
13. Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. : Acetylation of starch. *Cereal Chem.*, **36**, 84 (1959)
14. Dubois, M., Gilles, K. A. and Smith, F. : Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, **28**, 350 (1956)
15. Wilson, L. A., Berminham, V. A., Moon, D. F. and Synder, H. E. : Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**, 661 (1978)
16. Medcalf, D. G. and Gilles, K. A. : Measurement of brabender visco amylogram. *Die Stärke*, **4**, 101 (1966)
17. Salay, E. and Ciacco, C. F. : Production and properties of starch phosphates produce by the extrusion process. *Die Stärke*, **42**, 15 (1990)
18. Hamilton, R. N. and Paschall, E. F. : Production and use of starch phosphate in Starch. In "Chemistry and Technology" Whistler, R. C.(ed.), Academic Press, p.

- 356(1967)
19. 서정식 : 열처리가 옥수수 전분의 이화학적 성질에 미치는 영향. 효성여자대학교 박사학위논문(1989)
20. 정재홍 : 초산 쌀 전분의 이화학적 성질 및 이용성에 관한 연구. 충남대학교 박사학위논문(1992)  
(1993년 10월 3일 접수)