KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 17. *No.* 4 (1985)

축합인산염이 밥의 노화속도에 미치는 영향

김일환*· 이규한 · 김성곤
단국대학교 식품영양학과 *주식회사 서도화학

Effect of Polyphosphate on Firming Rate of Cooked Rice

Il-Hwan Kim*, Kyu-Han Lee and Sung-Kon Kim
Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul
**Seo-Do Chemical Co., Ltd., Seoul*

Abstract

The effect of a polyphosphate having P_2O_5 content of 67% on the firming rate of nonwaxy (Akibare and Milyang 30) and waxy cooked rice stored at room temperature was investigated. The phosphate retarded the firming rate of Akibare and Milyang 30 by 14.0 and 27.0%, respectively. The phosphate reduced the starch components available for crystallization of cooked nonwaxy rice. The phosphate exerted no effect on the firming rate of cooked waxy rice.

서 론

본 실험실에서는 축합인산염이 멥쌀 밥의 노화속도를 억제하는 효과가 있음을 보고하였다.[1,2] 축합인산염의 노화억제 효과는 인산염의 함량에 크게 영향을 받게 된다. 즉 P_2O_5함량이 60%이하인 인산염의 노화억제 효과는 크지 않았으나, P_2O_5함량이 68%인 인산염의 경우 멥쌀밥의 노화속도는 25~40%정도 늦어졌다.

본 실험에서는 P_2O_5함량이 67%인 축합인산염이 밥의 노화속도에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 쌀은 멥쌀로서 아끼바레(일반계)와 밀양 30호(다수계)를, 찹쌀로서 올찰(일반계)을 사용하였다. 취반은 전보[1]에서와 같이 행하였으며, 축합인산염은0.3%(w/w)를 사용하였다. 취반된 밥은 21°에서 5일간 보관하면서 일정시간 간격으로 취하여 밥알의 단단함을 Texturometer(일본 Zenken회사)를 사용하여 측정하였다.[2] 저장 0, 1, 2, 3 및 5일째의 밥알의 단단함은 다음 Avrami식[3,4]에 따라 분석하였다.

$$\theta = \log(-\log_e \frac{E_L - E_t}{E_L - E_0}) = \log k + n \log t$$

여기에서 θ는 일정시간(t)후에 결정화되지 않은 물질의 분획, E_L은 limiting modulus이다. E_0및 E_t는 각각 시간 o 및 t후의 밥알의 단단함이다. 속도상수(k)의 역수는 시간상수(1/k)로 정의되며, n은 Avrami지수로서 결정화의 양상에 따라 1~4의 값을 갖게 된다.[5] 본 실험에서 E_L값은 2℃에서 6일간 저장한 시료로부터 구하였다.

결과 및 고찰

21℃에서 저장한 밥의 시간 경과에 따른 단단함의 변화를 Avrami식으로 분석한 결과 Avrami지수는 아끼바레가 1.0434, 밀양30호가 1.0225, 찹쌀이 0.9863이었다.(표 1), 쌀 전분 겔(gel)의 경우에도 Avrami지수는 1로 보고되어 있다.[6] 전분 겔의 노화에 있어서 Avrami지수가 1인 경우에는 전분의 결정화의 메카니즘은 순간적인 핵 형성에 잇따른 막대기 모양의 결정 성장이라는 것을 가르킨다.[5] 따라서 밥의 Avrami지수가 1임을 고려할 때(표 1), 밥의 노화 메카니즘(mechanism) 은 전분의 결정화와 비슷한 변화로 설명할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 사실은 Kim 및 Kim[1,2]과 김 및 변[7]에 의하여도 보고되어 있다.

인산염의 첨가시 밥의 Avrami지수는 표1과 같다.표1에서 보는 바와 같이 Avrami지수는 3가지 시료 모두 1에 가까운 값을 보였다. 따라서 인산염은 밥의 기본적인 노화 메카니즘에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 이는 Kim 및 Kim[1,2]의 보고와 일치하는 결과이었다. 밥의 노화 속도 상수는 아끼바레가 0.1471, 밀양30호가 0.1489, 찹쌀이 0.0355일이었고, 노화시간 상수

Table 1. Avrami exponent(n) and time constant(1/k) for cooked rice in the absence or presence of phosphate

	Akibare		Milyang 30		Wax y	
	n	1/k	n	1/k	n	1/k
Control	1.0434	6.80	1.0225	6.72	0.9863	28.17
With P	0.9439	8.33	0.9619	10.26	0.9907	28.59

(속도상수의 역수)는 각각 6.80, 6.72 및 28.17일이었다(표 1). 아끼바레 전분 겔의 경우 시간 상수는 6.72일로 보고되어 있다.[6] 따라서 밥 및 전분의 노화시간 상수는 서로 같음을 알 수 있다. 멥쌀 밥의 시간 상수는 밀 전분 겔[4,8,9]의 시간 상수보다 약 2배정도 큰 값을 보였다. 전분 겔의 노화는 전분의 아밀로스 함량과는 반비례적인 관계를 보인다.[10] 아끼바레 및 밀양30호 전분의 아밀로스 함량은 각각 18.5 및 18.9%[1]이며, 밀 전분은 약 25%[11]로 알려져 있다.

인산염의 첨가시 밥의 시간 상수는 표 1과 같다. 인산염은 멥쌀 밥의 시간 상수를 증가시켰으나, 찹쌀 밥의 경우에는 효과가 없었다. 즉, 아끼바레 및 밀양30호의 경우 시간 상수는 인산염의 첨가시 각각 1.22 및 1.53배 증가하였다. Kim 및 Kim[1]은 아끼바레, 밀양30호 및 찹쌀을 대상으로 P_2O_5함량이 다른 여러 인산염이 밥의 노화에 미치는 영향을 보고하였다. 이들의 결과에 의하면 P_2O_5함량이 33.5~55.9%인 인산염들은 밥의 노화 억제 효과가 없었으나, P_2O_5함량이 59.3 및 68.0%인 인산염은 밥의 노화 속도를 크게 억제하였다. 특히 P_2O_5함량이 68.0%인 인산염의 경우 아끼바레 및 밀양30호 밥의 시간 상수는 대조구에 비하여 1.32 및 1.65배 증가하였다. 따라서 이들의 결과는 P_2O_5함량이 67%인 본 실험에 사용한 인산염의 결과와 잘 일치하는 경향을 보였다. 한편 유신쌀을 대상으로 P_2O_5 함량이 60~69%인 인산염을 이용하여 밥의 노화 억제 시험 결과를[2] 보면, 시간 상수는 1.37~1.62배 증가하여 Kim 및 Kim[1]의 결과 및 표 1의 결과와 잘 일치하였다. 따라서 이상의 결과를 보면 인산염이 밥의 노화 속도를 억제하는 효과는 인산염의 P_2O_5함량이 중요하며, 그 함량이 67%이상일 때 효과가 뚜렷함을 알 수 있다.

밥의 저장시 밥알의 단단함의 변화는 표 2와 같다. 아끼바레의 경우 노화중 결정화 될 수 있는 부분(E_L-E_0)은 6.24이었다. 21℃에서 5일간 저장하는 경우에 결정화될 수 있는 부분(E_s-E_0)은 3.25이었다. 따라서 E_s-E_0와 E_L-E_0의 비는 0.52, 즉 노화될 수 있는 부부중 52%가 노화되었음을 알 수 있다. 밀양30호도 아끼바레와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 찹쌀은 약 4%정도 노화되었다.

인산염의 첨가시에는 밥알의 단단함은 대조구에 비하여 낮은 값을 보였으며, 이 현상은 아끼바레의 경우가 밀양30호에 비하여 다소 뚜렷하였다. 또한 E_s-E_0 와 E_L-E_0의 비를 보면 아끼바레는 45.1%, 밀양30호는 38.6%로서(표 2), 대조구에 비하면 각각 86.6% 및 73%만이 노화되었음을 가르킨다. 표 2의 결과는 P_2O_5 함량이 68%인 인산염의 결과[1]와 일치하는 경향이었다. 앞에서 언급한 바와 같이 찹쌀의 경우에는 인산염의 노화억제 및 밥알의 단단함의 변화에 효과가 없었다.

표 1 및 2의 결과를 보면 인산염은 멥쌀 밥의 노화 억제에 현저한 효과를 보였다. 즉 인산염이 밥의 저장중 노화될 수 있는 부분을 감소시키므로서 노화를 억제하는 것으로 판단된다. 그러나 인산염이 멥쌀 밥의 노화속도를 억제하는 정확한 메카니즘은 알려져 있지 않다. 전분 겔을 이용한 모델 system에서, Kim과 D'Appolonia[8]는 전분 겔의 결정화는 저장 초기에는 아밀로스와 아밀로펙틴이 동시에 노화되며, 그 후에는 아밀로펙틴이 노화과정을 지배한다고 보고하였다. 최근 Krüsi와 Neukom[12]도 전분의 노화는 아밀로스와 아밀로펙틴이 함께 관여한다고 보고하였다. 또한 Collins[13]는 농도가 높은 전분 겔의 경우, 아밀로스와 아밀로펙틴은 서로 혼합되어 아밀로스분자와 아밀로펙틴의 외부가지가 수소 결합을 할 수 있을 경우에는 서로 결합하여 동시에 노화되리라고 제안하였다. 따라서 인산염이 찹쌀 밥의 노화에 영향을 주지 않는다는 사실(표 1 및 2)을 고려하면, 인산염은 아밀로스의 노화를 억제하는 것으로 생각된다.

그러나 앞에서 언급한 바와 같이, 아끼바레의 아밀로스함량(18.5%)은 밀양30호의 아밀로스함량(18.9%)과 비슷한 값을 보임에도 불구하고, 인산염의 효과가 밀양30호에 더욱 현저한 이유는 앞으로 규명되어야 할 문제라 하겠다.

요 약

축합인산염(67% P_2O_5함량)을 멥쌀(아끼바레 및 밀양

Table 2. Data on texturometer firmness of cooked rice in the absence or presence of phosphate

		Firmness[a]	
		Control	With P
Akibare	E_o	6.08	5.61
	E_s	9.33	7.04
	E_L	12.32	8.78
	$E_s - E_o$ (A)	3.25	1.43
	$E_L - E_o$ (B)	6.24	3.17
	A/B × 100	52.08	45.11
Milyang 30	E_o	6.06	5.92
	E_s	9.20	7.37
	E_L	12.04	9.68
	$E_s - E_o$ (A)	3.14	1.45
	$E_L - E_o$ (B)	5.98	3.76
	A/B × 100	52.51	38.56
Waxy	E_o	3.87	3.71
	E_s	4.60	4.40
	E_L	8.36	8.01
	$E_s - E_o$ (A)	0.73	0.69
	$E_L - E_o$ (B)	16.26	16.05
	A/B × 100	4.49	4.30

[a] E_o and E_s represent the firmness of cooked rice at 0 and 5 days, respectively. E_L is the limiting modulus.

30호)과 찹쌀(올찰)에 0.3% (w/w) 첨가하고, 밥의 노화속도에 미치는 영향을 조사하였다. 아끼바레 및 밀양 30호의 경우 시간상수(노화속도 상수의 역수)는 인산염의 첨가시 각각 1.22 및 1.53배 증가하였으며, 찹쌀밥의 경우에는 변화가 없었다. 인산염은 밥의 저장중 노화될 수 있는 물질의 양을 감소시켰으며, 인산염의 첨가시 아끼바레 및 밀양30호 쌀밥은 대조구에 비하여 각각 86.6% 및 73%가 노화되었다.

문 헌

1. Kim, I. H. and Kim, S. K. : *Cereal Chem.*, **61**, 91 (1984)
2. Kim, I. H. and Kim, S. K. : *J. Food Sci.*, **49**, 660 (1984)
3. Cornford, S. J., Axford, D. W. E. and Elton, G. A. H. : *Cereal Chem.*, **41**, 216 (1964)
4. Mclver, R. G., Axford, D. W. E., Colwell, K. H. and Elton, G. A. H. : *J. Sci. Fd Agric.*, **19**, 560 (1968)
5. Sharples, A. : *Introduction to Polymer Crystallization*, Edward Arnold Ltd., London (1966)
6. Chung, H. M., Ahn, S. Y. and Kim, S. K. : *J. Korean Agr. Chem. Soc.*, **25**, 67 (1982)
7. Kim, S. K. and Pyun, Y. R. : *Korean J. Food Sci. Technol.*, **14**, 80 (1982)
8. Colwell, K. H., Axford, D. W. E., Chamberlain, N. and Elton, G. A. H. : *J. Sci. Fd Agric.*, **20**, 550 (1969)
9. Kim, S. K. and D'Appolonia, B. L. : *Cereal Chem.*, **54**, 150 (1977)
10. Kim, S. K., Ciacco, C. F. and D'Appolonia, B. L. : *J. Food Sci.*, **41**, 1249 (1976)
11. Medcalf, D. G. and Gilles, K. A. : *Cereal Chem.*, **42**, 558 (1965)
12. Krüsi, H. and Neukom, H. : *Staerke*, **36**, 40 (1984)
13. Collins, R. : in *Starch and its Derivatives*, Radley, J. A. (ed.), Chapman & Hall Ltd., London (1968)

(1985년 2월 18일 접수)