

쌀의 수침시간에 따른 쌀가루의 이화학적 특성

김명희 · 박미원* · 박용곤** · 장명숙*

수원여자전문대 식품조리과, *단국대학교 식품영양학과
**한국식품개발연구원

Physicochemical Properties of Rice Flours as Influenced by Soaking Time of Rice

Myung Hee Kim, Mee Weon Park*, Yong Kon Park** and Myung Sook Jang*

Dept of Food Cuisiene, Soo Won womans Juniors College
*Dept of Food Science and Nutrition, Dankook University
**Korea Food Research Insitute

Abstract

This investigation was undertaken for the purpose of studying the physicochemical properties of rice flour made by various soaking time(1,4,6,8,12 hours) of rice. As the soaking time was longer, the lightness of rice flours increased, on the contrary its redness and yellowness decreased. Rice flours had higher swelling power and solubility by increasing soaking time, but water binding capacity decreased upon soaking of rice. Hot water insoluble amylose of rice flours was decreased, whereas hot water soluble amylose was increased as the soaking time increased. The amylograph indices indicated that initial pasting temperature of rice flours decreased, while maximum viscosity increased as the soaking time increased.

I. 서 론

절편의 품질특성은 주재료인 쌀의 수침시간^{1,2)}, 제분 방법³⁾, 그리고 쌀가루를 절때 첨가되는 물의 양과 시간^{2,4)} 등에 따라 각기 다른 영향을 받는다. 진보¹⁾에서 쌀의 수침시간을 달리하여 절편을 만들었을 때 품질 특성에 차이가 있었으므로 본 연구에서는 쌀의 수침시간에 따른 쌀가루의 이화학적 특성을 조사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 쌀은 1992년 가을에 경기도 회성군 우정면에서 수확한 아끼바레를 사용하였다.

2. 쌀가루 만들기

쌀의 3회 깨끗이 씻어 체에서 물을 뺀 후 쌀 중량의 2배에 해당하는 물을 가하여 상온(20℃)에서 1,4,6,8,12 시간을 침지시켰다. 침지가 끝난 쌀은 15분간 물빼기를 하고 roller mill을 이용하여 가루로 뿜았으며, 수침시간에 따른 쌀가루의 이화학적 특성 연구를 위하여 쌀가루를 건조하여 본 실험에 사용하였다.

3. 쌀의 길이, 폭 및 수분함량

(1) 쌀의 길이, 폭 및 수분함량

수침시간에 따른 쌀입자의 길이와 폭의 변화 측정은

caliper로 쌀입자 50알을 측정하여 그 평균값을 취하였고, 수분함량은 쌀을 침지시키면서 시간별로 꺼내어 여과지 위에 굴리어 쌀표면의 물기를 제거하고 105℃에서 건조하여 무게증가량으로 부터 산출하였다.

(2) 쌀가루의 이화학적 특성

쌀의 수침시간을 달리하여 재분한 쌀가루의 색도는 색차계(color and color difference meter, Yasuda seiki사, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 이때 표준색 판으로 백색판(L=89.2, a=0.921, b=0.783)을 사용하였다. 팽윤력과 용해도는 Schoch와 Maywald방법⁵⁾, 물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁶⁾, blue value는 Gilbert와 Spragg의 방법⁷⁾에 따라 측정하였으며, 쌀가루의 극대흡수파장(λ_{max})은 blue value측정을 위해 발색시킨 용액을 이용하여 분광광도계로 400~700 nm에서 scanning 조사하였다.

한편 쌀가루 중 총아밀로오스 함량은 Sowhagya등의 방법⁸⁾, 열수불용성 아밀로오스 함량은 Shanthy등의 방법⁹⁾에 따라, 쌀가루의 호화특성은 시료의 농도를 8%로 하여 Brabender amylograph(Brabender model 800200, Germany)를 이용하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 쌀의 길이, 폭 및 수분함량

수침시간에 따른 쌀입자의 수분함량, 길이, 그리고 폭을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 수침시간이 경과함에

Table 1. Dimensions and moisture contents of rice grains by various soaking time

Soaking time(hrs.)	Moisture (%)	Length (mm)	Width (mm)	L/W
1	29.14	4.108	0.937	15.106
4	29.96	4.176	0.963	16.214
6	29.95	4.202	0.983	16.999
8	29.76	4.203	1.004	17.725
12	30.38	4.209	1.007	17.869

Table 2. Color of rice flours by various soaking time

Soaking time(hrs.)	L	a	b	ΔE
1	94.5	0.638	2.87	5.71
4	95.3	0.568	2.69	6.43
6	95.5	0.473	2.69	6.61
8	95.8	0.377	2.62	6.75
12	96.1	0.304	2.61	6.79

L:Lightness, a:Redness, b:Yellowness, $\Delta E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}$

따라 쌀의 수분함량은 다소 증가하여 1시간 수침시의 29.14%에서 12시간 경과 후 30.38%로 수침 초기에 비해 1.24%의 수분 증가율을 보였다. 쌀의 길이와 폭 또한 수침시간이 길어질수록 증가하여 길이는 수침 12시간에는 1시간 수침시보다 2.46% 증가하였으며 폭은 12시간 수침시 1.007 mm로 7.47% 증가하였다.

이러한 쌀의 수침시간에 따른 수분 흡수량의 변화는 쌀의 중량증가율 및 경도와 밀접한 관계를 가져 수침시간이 경과함에 따라 쌀입자의 조직은 연화되며¹⁰⁾, 전분분자의 붕괴정도를 나타내는 도수인 알칼리도가 커지는 것으로 보고¹¹⁾되어 있다.

2. 쌀가루의 이화학적 특성

(1) 색도

수침시간별 쌀을 탈수한 후 roller mill로 제분하여 얻은 쌀가루의 색도변화를 색차계를 이용하여 조사한 결과는 Table 2와 같다.

수침시간이 길어짐에 따라 색의 밝기를 나타내는 L 값은 1시간 수침시의 94.5에서 12시간 수침시 96.1로 증가한 반면 적색도 및 황색도를 나타내는 a, b 값은 감소하였다. 적색도의 경우 1시간 수침시의 0.638에서 12시간 수침시 0.304로 52.35% 감소하였고 황색도는 1시간 수침시에 비해 12시간 수침시 2.61%로 9.05%의 감소율을 나타내었다.

이와같이 쌀의 수침시간에 따라 제조된 쌀가루의 색도가 변화하는 것은 수침시간이 경과함에 따라 장시간의 수침에 의해 쌀의 조직이 연화되어 쌀가루 제조시 동일한 크기의 기계적인 힘이 가해지더라도 단시간 수침과 비교하여 미세한 입자의 가루가 더 많아지기 때문으로 Ni-shita와 Bean¹²⁾의 쌀가루의 색도는 입자가 미세해짐에

Table 3. Swelling powers and solubilities of rice flours by various soaking time

Soaking time(hrs.)	Swelling power	Solubility
1	7.13	3.90
4	7.13	4.17
6	7.26	4.18
8	7.42	4.25
12	7.71	4.23

Table 4. Water binding capacities, blue values and λ_{max} of rice flours by various soaking time

Soaking time (hrs.)	Water binding capacity (%)	Blue value (mg/dl)	λ_{max} (nm)
1	140.3	0.21	607.5
4	133.6	0.23	605.5
6	132.1	0.23	605.5
8	131.1	0.24	605.0
12	131.1	0.25	606.2

따라 L값은 증가하고 b값은 감소한다는 보고와 일치하였다. 수침시간별 쌀가루의 L값의 증가는 수침시간이 경과함에 따라 쌀의 구성분중 가용성 단백질 등이 물에 용출될 수 있고 실제 습식제분한 쌀가루의 총유리아미노산 함량이 건식 제분한 쌀가루에 비해 50%정도 낮은 것으로 보고되었으며, 습식제분한 쌀가루가 건식제분한 쌀가루에 비해 L값은 증가하고 a, b값은 감소한다고 하였다³⁾.

(2) 팽윤력 및 용해도

쌀의 수침시간을 달리하여 제분한 쌀가루를 70°C에서 팽윤력 및 용해도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 팽윤력은 4시간까지는 7.13으로 거의 변화를 보이지 않았으나 그 후 수침시간이 경과함에 따라 증가하여 12시간 수침시에는 7.71로 초기에 비해 8.14%의 증가율을 나타내었다. 용해도는 수침 1시간일 때 3.90이던 것이 그후 증가폭이 크지 않아 수침 12시간에는 4시간과 비교하여 1.54%의 증가율을 나타내었다.

일반적으로 쌀은 수침시간이 경과함에 따라 조직이 연화되고 쌀전분입자내의 미셀구조의 결합력이 점차 약해져 제분시 쌀가루의 입도가 더욱 미세화됨에 따라 쌀가루의 팽윤력과 용해도는 증가할 수 있고^{10,12,13)}, 전분입자내의 결합력이 팽윤양상에 서로 다른 영향을 주어 결합정도가 강한 전분은 팽윤에 대하여 강하게 저항하므로 온도 증가에 따른 전분의 팽윤력을 비교하면 전분의 상대적 결합강도를 알 수 있다¹⁴⁾. 본 연구결과 동일 온도에서 쌀가루의 팽윤력 및 용해도가 수침시간이 경과함에 따라 증가한 것은 쌀전분 입자내의 결합력이 수침시간 경과와 함께 약해진 것이 그 원인으로 생각된다.

(3) 물결합능력, blue value 및 극대흡수파장(λ_{max})

Table 5. Amylose contents of rice flours by various soaking time (%)

Soaking time (hrs.)	Hot water insoluble amylose	Hot water soluble amylose	B/A*	C/A**
1	12.34	10.20	0.55	0.45
4	11.89	10.64	0.53	0.47
6	11.53	10.60	0.51	0.47
8	11.46	11.35	0.50	0.50
12	11.40	11.84	0.49	0.51

* : Hot water insoluble amylose(B)/Total amylose(A)

** : Hot water soluble amylose(C)/Total amylose(A)

Table 6. Amylograph indices of rice flours by various soaking time

Soaking time (hrs.)	Initial pasting temp (°C)	Maximum viscosity (B.U)	Peak temp. (°C)	Viscosity at 95°C (B.U)	15 min. ^{a)} height (B.U)	Breakdown (B.U)
1	73.20	620	97.50	560	420	200
4	70.50	650	96.50	600	420	230
6	68.50	660	96.75	600	430	230
8	66.50	680	96.75	620	440	240
12	66.00	690	94.95	680	440	250

a: peak height after 15 min. holding at 95°C

Table 4는 쌀의 수침시간에 따른 쌀가루의 물결합능력, blue value 및 극대흡수과장을 측정된 결과이다. 쌀가루의 물결합능력은 1시간 수침한 쌀로 제조한 쌀가루가 140.3%로 가장 높은 값을 보였고, 수침시간이 경과함에 따라 물결합능력은 감소하여 4시간에는 133.6%로 6.4% 정도 감소하였으나 그 이후부터는 큰 변화가 없었다. 일반적으로 물결합능력은 생전분의 수분결합능력을 나타내주는 지표로서 이때 결합되는 물은 전분입자에 침투되거나, 전분입자의 표면에 흡착된다고 보고¹⁵⁾되어 있다. 전분의 물결합능력은 전분의 손상도가 높을수록 증가하여 건식제분한 쌀가루가 습식제분한 것에 비해 물결합능력이 높다고 한다⁹⁾.

한편 전분의 직쇄상 분자의 양을 상대적으로 비교할 수 있는 값인 blue value는 수침시간이 경과함에 따라 1시간 수침시의 0.21에서 12시간 수침시 0.25로 증가하였으며, 삼각 쌀전분의 blue value와 거의 비슷한 값을 나타내었다. 극대흡수과장은 수침시간 사이에 큰 차이 없이 605.5~606.2 mm 범위의 비슷한 값을 나타내어 일반적으로 쌀전분의 극대흡수과장과 유사한 값을 나타내었다¹⁶⁾.

(4) 열수가용성 아밀로오스

Table 5는 쌀의 수침시간을 달리하여 제분한 쌀가루의 열수가용성 및 불용성 아밀로오스의 함량과 총아밀로오스에 대한 비율을 조사한 결과이다. 열수가용성 아밀로오스는 수침 1시간 시료가 12.34%로 가장 높았으나 수침시간이 경과함에 따라 감소하여 수침 12시간에는 11.04%로 감소하였다. 그러나 열수가용성 아밀로오스의 함량은 불용성 아밀로오스와는 반대의 경향으로 수침시간이 경과함에 따라 증가하여 수침 12시간에는 11.84%로 수침

1시간에 비해 1.64%의 증가율을 보였다.

한편 쌀가루의 총아밀로오스 함량에 대한 열수가용성 및 가용성 아밀로오스의 비율을 보면 수침시간이 경과함에 따라 불용성 아밀로오스의 비율은 감소하는 반면 가용성 아밀로오스의 비율은 증가하였다.

일반적으로 쌀입자의 축축한 정도는 불용성 아밀로오스 함량과 밀접한 관계를 보이며¹⁷⁾, 쌀의 수침시 평형 수분함량은 쌀입자의 축축한 정도에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있다¹⁸⁾. 또한 열수가용성 아밀로오스는 쌀의 품질을 좌우하는 척도로서 쌀의 호화 및 조직 특성과 밀접한 관계를 가지며^{8,9)}, 열수가용성 아밀로오스는 손상전분의 함량이 증가함에 따라 그 함량이 증가하고 쌀가루의 입자가 미세화됨에 따라 추출이 용이하여 증가하는 것으로 보고되어 있다³⁾.

(5) 호화특성

Table 6은 쌀의 수침시간을 달리하여 제분한 쌀가루의 호화특성을 아밀로그래프로 조사한 결과이다. 쌀가루의 농도를 8%로 하여 호화개시 온도를 측정된 결과 수침 1시간은 73.2°C에서 12시간은 66.0°C로 수침시간이 경과함에 따라 호화개시온도는 낮아짐을 알 수 있다. 찰쌀의 경우 수침일이 경과함에 따라 호화개시 온도가 감소한다는 연구결과¹⁰⁾와 일치하는 경향이였다.

그러나 최고점도는 1시간 수침시의 620B.U에서 12시간 경과 후 690B.U로 70B.U증가하여 호화개시 온도와는 반대로 수침시간이 길어짐에 따라 최고점도는 상승함을 알 수 있었다. 수침시간별 찰쌀의 경우와 비교해볼 때¹¹⁾ 최고점도의 상승경향은 비슷하였으나 점도는 증가폭은 찰쌀에 비해 낮은 것으로 나타났다. 일반적으로 쌀가루의 호화특성은 제분기의 종류에 따라 서로 차이가 있어

Table 7. Effect of α -amylase on peak viscosity of rice flours by various soaking time

Soaking time (hrs.)	Peak viscosity(B.U)	
	Distilled water	$10^{-3}M$ mercuric chloride
1	620	740
4	650	710
6	660	710
8	680	710
12	690	710

건식제분한 쌀가루는 전분의 손상도가 높을수록 호화개시온도는 떨어지나 최고점도는 증가하며, 습식제분한 쌀가루는 손상전분 및 입자의 미세화에 관계없이 건식제분한 시료에 비해 호화개시온도와 최고점도가 낮은 것으로 보고³⁾되고 있다.

한편 최고점도시의 온도는 수침 1시간이 97°C에서 12시간 경과 후 94°C로 수침시간이 경과함에 따라 다소 떨어졌다. 호화개시온도에 비해서는 그 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 95°C에서의 점도는 최고점도와 비슷한 경향으로 수침 1시간 시료가 560B.U이던 것이 4 및 6시간에는 600B.U, 그리고 12시간 후에는 680B.U로 증가하여 수침초기에 비해 120B.U의 높은 점도를 나타내었으나, breakdown은 수침시간이 경과함에 따라 그 값이 큰 것으로 나타났다.

이러한 Brabender hot paste의 점도양상은 전분입자의 팽윤정도 및 열 또는 전단력에 대한 전분팽윤입자의 저항정도에 따라 달라지며¹⁹⁾, 전분입자내의 미세구조와 내부 결정화정도가 클수록 가열시 느리게 팽윤되어 높은 호화온도를 가진다는 사실²⁰⁾로 미루어볼 때 쌀전분 입자의 결정구조와 회합정도는 수침시간이 경과함에 따라 그 결합력이 약화됨을 알 수 있었다.

Table 7은 수침시간별 쌀가루 현탁액의 아밀로그래프상 최고점도에 대한 쌀가루에 잔존하는 α -아밀라아제 영향을 증류수와 α -아밀라아제의 활성을 불활성화 시키기에 충분한 $10^{-3}M$ 염화수은용액의 존재하에서 비교한 결과이다. 수침 1시간 쌀가루는 수은의 존재하에서 최고점도가 740B.U로 증류수의 620B.U에 비해 120B.U가 상승하였으나 4시간 이후부터는 전처리구가 수은의 존재하에서 710B.U로 최고점도의 차이를 보이지 않았으나 증류수와 비교해볼 때 수침시간이 길어짐에 따라 최고점도의 차이가 적은 것으로 나타났다. 이와같은 사실은 α -아밀라아제의 활성이 강한 찹쌀의 경우 수세하게 되면 잔존하는 α -아밀라아제가 유실되게 되어 최고점도가 상승하게 되며²¹⁾, 멥쌀의 경우에는 α -아밀라아제를 불활성화시키게 되며, 최고점도가 상승하게 되고²²⁾ 건식제분한 쌀가루에 비해 쌀을 수침 후 제분한 습식제분 쌀가루는 최고점도의 차이가 없다는 연구결과³⁾로 미루어볼 때 쌀에 소량 잔존하여 있는 α -아밀라아제는 쌀을 수침 후

1시간경까지 가장 많이 유실됨을 알 수 있었다.

IV. 요약 및 결론

쌀의 수침시간(1, 4, 6, 8, 12시간)을 달리하여 제분한 쌀가루의 이화학적 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 수침시간이 길어질수록 쌀의 길이, 폭, 그리고 수분함량은 증가하였고 수침시간이 다른 쌀로 제조한 쌀가루의 백색도는 증가한 반면 적색도 및 황색도 값은 감소하였다.

2. 쌀가루의 팽윤력은 수침 4시간까지는 거의 변화를 보이지 않았으나 수침 12시간에는 7.71로 수침초기에 비해 증가하였다. 용해도는 수침 1시간일 때 3.90이던 것이 4시간 경과 후에는 4.17로 증가하였으나 그 후 거의 변화가 없었다.

3. 물결합능력은 수침시간이 경과함에 따라 감소하여 수침 4시간에는 133.6%로 수침초기에 비해 6.4% 정도 감소하였으나 그 후부터는 큰 변화가 없었다. Blue value의 경우 수침시간이 경과함에 따라 증가하였으나 극대흡수파장(λ_{max})은 605.5~606.2 nm의 범위로 비슷한 값을 나타내었다.

4. 쌀가루의 열수불용성 아밀로오스는 수침시간이 경과함에 따라 감소한 반면 열수가용성 아밀로오스의 함량은 증가하여 수침 12시간에는 11.84%로 수침 1시간의 10.20%에 비해 1.64%의 증가율을 보였다.

5. 쌀가루의 호화개시온도는 수침시간이 경과함에 따라 낮아져 수침 12시간 후에는 수침 초기의 73.20°C보다 7°C 정도가 낮아진 66.0°C를 나타내었고 최고 점도는 690 B.U로 70B.U증가하였다. 또한 수침시간별 쌀가루 현탁액의 아밀로그래프상 최고점도를 물과 염화수은용액에서 비교한 결과 쌀에 잔존하는 α -아밀라아제는 수침 1시간 경에 가장 많이 침지수로 유실되어 쌀가루의 최고점도에 영향을 미쳤으나 수침 4시간 이후부터는 큰 영향을 주지 않았다.

참고문헌

1. 박미원, 김명희, 장명숙, 쌀의 수침시간에 따른 절편의 특성, 한국조리과학회지, 8(3): 315 (1992).
2. 김기숙, 경단조리법의 표준화를 위한 조리과학적 연구(I), 한국조리과학회지, 3(1): 20 (1987).
3. 박용곤, 석호문, 남영중, 신동화, 제분방법별 쌀가루의 이화학적 특성, 한국식품과학회지, 20(4): 504 (1988).
4. 윤서석, 김기숙, 한경선, 경단조리법의 표준화를 위한 조리과학적 연구(II), 한국조리과학회지, 7(3): 47 (1991).
5. Schoch, T.J. and Maywald, E.C., Preparation and properties of various legume starches, *Cereal Chem.*, 45: 564 (1968).
6. Medcalf, D.G. and Gillies, K.A., Wheats starches, I. Comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, 42: 558 (1965).
7. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P., Iodimetric determination of amylose. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*,

- Whistler, R.L. (ed), Academic Press, New York, vol.4, p.168 (1968).
8. Sowbhagya, C.M. and Bhattacharya, K.R., Simplified determination of amylose in milled rice, *Starch*, **31**: 159 (1979).
 9. Shanthi, A.P., Sowbhagya, C.W. and Battacharya, K.R., Simplified determination of water-insoluble amylose content of rice, *Staerke*, **32**(12): 409 (1980).
 10. 박영미, 오명숙, 찰쌀의 수침이 강정의 팽화 부피에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, **17**: 415 (1985).
 11. 양회천, 홍재식, 김중만, 부수계 제조에 관한 연구, 제 1보: 수침공정이 원료찰쌀의 점도와 팽화력에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, **14**(2): 141 (1982).
 12. Nishita, K.D. and Bean, M.M., Grinding methods. Their impacts on rice flour properties, *Cereal Chem.*, **59**(1): 46 (1985).
 13. Madamba, L.S.P., Bustrillos, A.R. and San Pedro, E.L., Sweet potato starch: physicochemical properties of the whole starch, *Philipp. Agric.*, **58**: 338 (1975).
 14. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J., Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of starches, *Cereal Chem.*, **36**: 534 (1959).
 15. Halick, J.V. and Kelly, V.J., Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior, *Cereal Chem.*, **36**: 91 (1959).
 16. 박용곤, 석호문, 남영중, 최광수, 쌀가루 냉수추출 α -D-glucan의 분자구조적 특성, *한국식품과학회지*, **22**: 603 (1990).
 17. Bhattacharya, K.R., Sowbhagya, C.M. and Indudhara Swamy, Y.M., Interrelationship between certain physicochemical properties of rice, *J. Food Sci.*, **37**: 733 (1972).
 18. 이순옥, 김성곤, 이상규, 일반쌀 및 다수화쌀의 수화속도, *한국농화학회지*, **16**: 1 (1983).
 19. Schoch, T.J. and Majwald, E.C., Microscopic examination of modified starches, *Anal. Chem.*, **28**: 382 (1956).
 20. Biliadris, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R., Structural characterization of legume starches, *Cereal Chem.*, **58**: 496 (1981).
 21. Horiuchi, H., Studies on the cereal starches, part VIII., correlation among the amylograph characteristics of rice starch and flour, *Agr. Biol. chem.*, **31**(9): 1003 (1967).
 22. Shibuya, N., Suzuki, N. and Iwasaki, T., Effect of endogenous α -amylose on the amylogram of milled rice flour, *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **30**(3): 284 (1983).